



Aalto-yliopisto
Kemian tekniikan
korkeakoulu

Kemian tekniikan korkeakoulu
Materiaalitekniikan koulutusohjelma

Juho Laaksonen

**Haitta-ainepitoisten rakennusmateriaalien käsittely korjaus- ja
purkutyömailla**

**Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-
insinöörin tutkintoa varten Espoossa 23.11.2015.**

Valvoja

Professori Mari Lundström, Aalto-yliopisto

Ohjaaja

FM Jarno Komulainen, Vahanen Oy

Tekijä Juho Laaksonen

Työn nimi Haitta-ainepitoisten rakennusmateriaalien käsittely korjaus- ja purkutyömailla

Laitos Materiaalitekniikka

Professuuri Materiaalien kierrätys

Professuurikoodi MT-85

Työn valvoja Professori Mari Lundström, Aalto-yliopisto

Työn ohjaaja(t)/Työn tarkastaja(t) FM Jarno Komulainen, Vahanen Oy

Päivämäärä 23.11.2015

Sivumäärä 74+9

Kieli suomi

Työssä selvitettiin kirjallisuustutkimuksen avulla rakennuksien sisältämiä tavallisimpia haitta-aineita ja niiden terveys- ja ympäristövaikutuksia sekä jätteenkäsittelytekniikoita. Lisäksi tutustuttiin haitta-aineita ja niiden purkamista sekä jätteenkäsittelyä koskevaan lainsäädäntöön sekä rakennustietosäätiön ohjeistukseen.

Nykyään asbesti joudutaan loppusijoittamaan kaatopaikoille erillisiin soluihin. Termisellä käsittelyllä voidaan tehdä monia haitallisia aineita vaarattomaksi. Haihtuvia haitta-aineita voidaan myös käsitellä kompostoimalla. Uusiokäyttö vaatii lähes poikkeuksetta vaarattomaksi tekemisen ja vaarattomuuden varmentamisen laboratoriokokein.

Työn tapaustutkimuksessa selvitettiin omakotitalon purkuprosessia. Purkuprosessin aikana ongelmia voivat tuottaa haitta-ainepitoiset rakennusmateriaalit, joiden haitallisten aineiden pitoisuus on alle lainsäädännön vaatiman vaarallisen jätteen raja-arvon.

Työssä havaittiin että haitallisten aineiden purkutyöt tarvitsevat lainsäädännöllistä muutosta. Osalle haitallisista aineista on määritelty haitalliseksi tunnetut pitoisuudet, mutta monien haitallisten aineiden purkutöitä ei ole vielä säännelty. Asbestin HTP(8h)-arvo on 0,1 kuitua/cm³, PCB-yhdisteiden summalle raja-arvo on 0,003 mg/m³. PAH-yhdisteistä bentso[a]pyreenille HTP(8h)-arvo on 0,01 mg/m³ ja naftaleenille 5 mg/m³.

Haitta-ainepitoisen materiaalin raja-arvot vaihtelevat kaatopaikoittain ja paikallisten raja-arvojen löytäminen voi olla hankalaa. Työssä tehtiin haastattelututkimus, jossa kaatopaikkojen työntekijöitä saatiin tietoa paikallisista raja-arvoista. PAH-yhdisteiden raja-arvot tutkituilla tavanomaisen jätteen kaatopaikoilla olivat 30 mg/kg ja 150 mg/kg välillä. PCB-yhdisteiden raja-arvot vaihtelivat välillä 1 mg/kg ja 50 mg/kg. Öljyhiilivetyjen raja-arvot vaihtelivat välillä 500 mg/kg – 5000 mg/kg.

Avainsanat Asbesti, haitta-aine, vaarallinen jäte, kierrätys, purkutyö, jätteenkäsittely

Author Juho Laaksonen

Title of thesis Treatment of hazardous building materials in renovation and demolition sites

Department Materials Science and Engineering

Professorship Mechanical processing and recycling

Code of professorship MT-85

Thesis supervisor Professor Mari Lundström

Thesis advisor(s) / Thesis examiner(s) M.Sc. Jarno Komulainen, Vahanen Oy

Date 23.11.2015

Number of pages 74+9

Language Finnish

In this thesis the common hazardous building materials and their health and environmental effects and waste treatment possibilities were investigated. In addition the legislation, the building information group's guides regarding hazardous building materials, their demolition and waste treatment was studied.

Currently asbestos must be disposed in separate cells on landfills. Thermic treatment can be used to neutralize many hazardous building materials. Volatile hazardous contaminants can be treated by composting. Reuse of hazardous building materials requires neutralization and further ensuring the cleanliness with laboratory analysis.

In this thesis a single-family detached home's demolition process was studied. During the demolition process some problems may be caused by hazardous building materials where the concentration of the hazardous substance is under the limit values for hazardous waste.

In the thesis it was noticed that demolition of hazardous building materials requires change in the legislation. Some hazardous materials have been defined for concentrations known to be hazardous (HTP values), however, at the moment the demolition of many hazardous materials does not have legislation. The HTP(8h) value for asbestos is 0,1 fibers/cm³, for the sum of PCB-compounds the limit is 0,003 mg/m³. From PAH compounds it is only defined for benzo[a]pyrene (0,01 mg/m³) and naphthalene (5 mg/m³).

The limit values for hazardous waste in the landfills vary and it can be challenging to find local limit values. Interview research was done in the thesis to find out local limit values. For PAH compounds the limit values varied from 30 mg/kg to 150 mg/kg. For PCB compounds the limit values varied from 1 mg/kg to 50 mg/kg. Petroleum hydrocarbons limit values were 500 mg/kg – 5000 mg/kg.

Keywords Asbestos, hazardous material, hazardous waste, recycling, demolition, waste treatment

Alkusanat

Tutkimus tehtiin Vahanen Oy:ssä vuonna 2015. Diplomityön ohjaajana toimi Vahanen Oy:n Laboratoriopalveluiden yksikönpäällikkö Jarno Komulainen. Valvojana toimi professori Mari Lundström Aalto-yliopiston Kemian tekniikan korkeakoulusta.

Tutkimus tehtiin selventämään haitta-ainepitoisten rakennusmateriaalien tutkimista ja käsittelyä

Haluan kiittää kaikkia työhön osallistuneita, erityisesti Jarno Komulaista sekä Mari Lundströmiä kärsivällisyydestä ja hyvästä ohjauksesta.

Suuri kiitos kuuluu myös perheelleni opiskelujen aikaisesta tuesta ja ymmärryksestä.

Tutkimuksen rahoitti Vahanen Oy.

Espoo 23.11.2015

Juho Laaksonen

1. Sisälllys

1. SISÄLLYS	5
2. JOHDANTO	8
3. RAKENNUSTEN SISÄLTÄMIÄ HAITTA-AINEITA	9
3.1. ASBESTI	9
3.1.1. Krokidoliitti	9
3.1.2. Käyttöhistoria	10
3.1.3. Terveys- ja ympäristövaikutukset.....	11
3.1.4. Käsittely.....	11
3.2. PAH-YHDISTEET	11
3.2.1. Käyttöhistoria	12
3.2.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset.....	12
3.2.3. Käsittely.....	13
3.3. PCB-YHDISTEET	13
3.3.1. Käyttöhistoria	14
3.3.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset.....	15
3.3.3. Käsittely.....	15
3.4. PVC-MUOVIT	15
3.4.1. Käyttöhistoria	16
3.4.2. Terveysvaikutukset.....	16
3.4.3. Käsittely.....	16
3.5. ÖLJYHIILIVEDYT	17
3.5.1. Käyttöhistoria	17
3.5.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset.....	18
3.5.3. Käsittely.....	18
3.6. KÄSITELTY PUU	18
3.6.1. Käyttöhistoria	19
3.6.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset.....	19
3.6.3. Käsittely.....	20
3.7. HEKSABROMISYKLODEKAANI (HBCD)	20
3.7.1. Käyttöhistoria	21
3.7.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset.....	21
3.7.3. Käsittely.....	21
3.8. DDT – DDD – DDE	21
3.8.1. Käyttöhistoria	21

3.8.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset.....	21
3.8.3. Käsittely.....	22
3.9. DEHP	22
3.9.1. Käyttöhistoria	22
3.9.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset.....	23
3.9.3. Käsittely.....	23
3.10. BTEX-YHDISTEET.....	23
3.10.1. Käyttöhistoria	23
3.10.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset.....	24
3.10.3. Käsittely.....	24
4. HAITTA-AINEIDEN TUTKIMINEN JA TULOSTEN RAPORTOINTI.....	25
4.1. HAITTA-AINETUTKIMUS JA -ARVIO.....	25
4.2. HAITTA-AINETUTKIMUSRAPORTTI	26
4.3. VAARALLINEN JÄTE.....	27
5. HAITTA-AINEIDEN VAIKUTUS KORJAUS- JA PURKUSUUNNITTELUUN	29
5.1. TYÖTURVALLISUUS.....	29
5.2. ILMOITUSVELVOLLISUUS	30
5.3. KORJAUSTAVAN VALINTA	30
5.3.1. Normaalipurku.....	30
5.3.2. Asbestipurku	31
5.3.3. Haitta-ainepurku.....	32
5.3.4. Kapselointi	33
5.3.5. Tiivistyskorjaus.....	33
5.4. LAADUNVARMISTUS	33
5.4.1. Ennen purkua.....	34
5.4.2. Purkutyön aikana	34
5.4.3. Purkutyön jälkeen	35
5.5. KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE (MSDS – MATERIAL SAFETY DATA SHEET)	35
6. HAITALLISTEN AINEIDEN PURKUTYÖN TURVALLISUUSNÄKÖKOHDAT	36
6.1. YLEISESTI	36
6.2. ASBESTI	38
6.3. PAH-YHDISTEPITOISEN MATERIAALIT	39
6.4. PCB- JA LYIJYPITOISET SAUMAUSMASSAT	41
6.5. MAALIT	42
7. HAITTA-AINEPITOISEN JÄTTEEN LAJITTELU PURKUTYÖMAALLA.....	44

7.1. JÄTELAJITTELU	44
7.2. JÄTEASTIAT	46
8. KULJETUS LOPPUKOHTEESEEN	48
8.1. SIIRTOASIAKIRJA	48
9. HAITTA-AINEPITOISEN JÄTTEEN PUHDISTAMINEN, LOPPUSIJOITUS, TUHOAMINEN TAI HYÖDYNTÄMINEN.....	50
9.1. MATERIAALIHYÖDYNTÄMINEN	50
9.2. LOPPUSIJOITUS	50
9.3. STABILOINTI	51
9.4. HUOKOSILMAKÄSITTELY	51
9.5. JÄTTEENPOLTTO	52
9.6. KOMPOSTOINTI.....	54
10. JÄTTEEKSI LUOKITTELUN PÄÄTTYMINEN	55
11. CASE – OMAKOTITALON PURKAMINEN.....	56
11.1. KOHTEEN KUVAUS	56
11.2. KÄYTETYT MENETELMÄT	56
11.3. HAITTA-AINEITA SISÄLTÄVÄT MATERIAALIT	57
11.4. PURKUTYÖ JA JÄTTEENKÄSITTELY	60
11.4.1. <i>Asbestia sisältävät materiaalit.....</i>	60
11.4.2. <i>PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit.....</i>	61
11.4.3. <i>PCB-yhdisteitä sisältävät materiaalit</i>	61
11.4.4. <i>Öljyhiilivetyjä sisältävät materiaalit.....</i>	62
11.5. TULOKSET	63
12. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	65
13. LÄHTEET	68
14. LIITTEET	74

2. Johdanto

Uusi jätelainsäädäntö on ajan myötä uudistanut jätteenkäsittelypisteiden ympäristölupia siihen suuntaan, että haitallisista aineista on entistä kalliimpaa ja vaikeampaa päästä eroon. Jätteenkäsittelyssä on pyritty kiertotalouden suuntaan. Kaatopaikkojen kuormaa pienennetään ja jätettä pyritään vähentämään kierrättämällä, tai hyödyntämällä se muulla tavalla. Rakennusjätettä syntyy todella paljon vuosittain. Aiemmin rakentamisessa on käytetty paljon terveydelle tai ympäristölle vaarallisia aineita, joiden on uskottu olevan turvallisia. Tälle haitta-ainepitoiselle rakennusjätteelle tulisi löytää keino lajitella se tehokkaasti paikan päällä ja löytää sille hyvä sijoituspaikka, hyödyntämiskohde, tai keino neutralisoida haitta-aineiden negatiiviset terveys- ja ympäristövaikutukset.

Diplomityössäni selvitän haitta-aineiden määrittelyä, tutkimista sekä tulosten raportointia. Lisäksi pohdin työssäni haitta-aineiden vaikutusta rakennusten purku- ja korjaussuunnitteluun. Purku- ja korjaussuunnittelussa keskityn työturvallisuuden ja jätelajittelun optimoimiseen. Yksi työn tärkeimmistä aiheista on haitta-ainepitoisen jätteen loppusijoituksen, tuhoamisen tai mahdollisen hyödyntämisen suunnittelu. Näissä menetelmissä etenkin kustannustehokkuuden parantaminen on tärkeää.

Työssä tutustutaan myös erään omakotitalon haitta-ainetutkimukseen ja purkusuunnitteluun. Purkusuunnitelman mukaisten haitta-ainepitoisten jätemäärien mukaan selvitetään loppusijoitus tai käsittelytavat kohteesta löytyville haitta-ainepitoisille materiaaleille.

Aiheeseen liittyvissä aiemmissa tutkimuksissa ei ole keskitytty haitta-ainepitoisen jätteen käsittelyyn. Haitta-aineisiin perehtyneet työt ovat selvittäneet ainoastaan mitä haitta-aineet ovat ja miten niitä tutkitaan. Jätehuoltoon liittyvät työt ovat keskittyneet tavallisen rakennusjätteen hyödyntämiseen, jättäen haitta-ainepitoisen jätteen hyvin pieneen rooliin. Keskityn työssäni haitta-ainepitoisen jätteen paikallistamisen ja tutkimisen lisäksi sen erotteluun, sekä erottelun jälkeiseen käsittelyyn. Ympäristölain muutosten myötä jätteenkäsittelyn kehittäminen on entistäkin tärkeämpää.

3. Rakennusten sisältämiä haitta-aineita

Tässä kappaleessa esitellään yleisimmät Suomessa käytetyt haitta-aineet, niiden käyttö ja ominaisuudet. Haitta-aineet ovat materiaaleja jotka ovat joko ympäristölle tai terveydelle haitallisia käytön, purkamisen tai loppusijoituksen aikana. Jotkut haitalliset aineet eivät välttämättä ole käytössä vaarallisia, vaan niiden vaarallisuus ilmenee vasta niiden loppusijoituksen yhteydessä. Toiset aineet voivat olla käytön aikana hyvinkin vaarallisia, mutta rakennuksen purkamisen yhteydessä tai materiaalin loppusijoituksen yhteydessä ei ollenkaan vaarallisia.

3.1. Asbesti

Asbesti on yleisnimitys monille kuitumaisille silikaattimineraaleille. Asbestimineraalit voidaan jakaa kahteen alaluokkaan, serpentiineihin ja amfiboleihin. Asbestilajeja on mm. krysotiili (CAS-numero 12001–29–5), krokidoliitti (12001–28–4), amosiitti (12172–73–5), antofylliitti (77536–67–5), tremoliitti (77536–68–6), aktinoliitti (77536–66–4) ja erioniitti (12150–42–8). Jokainen asbestilaji on terveydelle vaarallinen. Asbestipölyn joutuminen elimistöön nostaa riskiä sairastua asbestoosiin, keuhkosityöpään sekä muihin sairauksiin ja keuhkomuutoksiin. [Rakennustieto 2009a]

3.1.1. Krokidoliitti

Krokidoliittia (kuva 1), eli sinistä asbestia, on käytetty paljon ruiskutettavana materiaalina, muun muassa eristeenä, puhallettuna villana seinän, ala- ja yläpohjan, välipohjan ja alakaton sisällä. Krokidoliittia on käytetty myös esimerkiksi kuitusementtilevyissä ainakin Englannissa ja Ruotsissa ennen 1970-lukua [Riala 1993].



Kuva 1. Krokidoliittiasbestia, eli ns. sinistä asbestia. [Vahanen Oy]

Krokidoliittia pidetään vaarallisimpana asbestimineraalina. Vaarallisuus johtune siitä, että krokidoliitin pitoisuudet ovat usein krokidoliittia käytetyissä rakennusmateriaaleissa todella korkeat [Säntti 2015]. Krokidoliitin hajotessa muodostuu myös suurempi määrä pienempiä kuituja kuin muilla asbestilaaduilla [Säntti 2015]. Krokidoliitin vaarallisuuden takia sen purkumenetelmille on asetettu erityisvaatimuksia muihin asbestilaatuihin nähden uudessa valtioneuvoston asetuksessa asbestityön turvallisuudesta [Valtioneuvosto 2015a]. Asetus tulee voimaan vuoden 2016 alusta lähtien.

3.1.2. Käyttöhistoria

Asbestin runsas käyttö aloitettiin suomessa 30-luvulla [Oksa 2014]. 60–70-luvulla käyttö oli suurimmillaan. Asbestin käyttö alkoi vähentyä 70-luvun lopulla terveyshaittojen ilmaantuessa. Myyminen ja käyttöönottoaminen kiellettiin lopullisesti 1994, mutta käytännössä asbestin käyttö Suomessa loppui 1980-luvun lopulla. [Rakennustieto 1993, 2014a]



Kuva 2. Betoninen palopermanto, johon on lisätty asbestia. [Säntti 2015]

Asbestia on käytetty eristeenä, palonsuoja-aineena, tiivisteinä, ja kulutuksen keston parantamiseen [Rakennustieto 1993]. Asbestia on käytetty muun muassa palo-ovissa, vinylilaatoissa sekä niiden kiinnitysliimoissa, putkieristeissä, maaleissa, bitumikermeissä, julkisivulevyissä ja monissa muissa rakennusmateriaaleissa.

Asbestia on voitu käytetty rakennustyömailla hyvin vapaamielisesti. Irtonaista asbestia on myyty säkeissä, mistä asbestia on voitu lisätä käsin esimerkiksi nestemäisiin

rakennustarvikkeisiin. Asbestia (antofylliitti) on ainakin lisätty betoniseen palopermantoon rakennustyömaalla (kuva 2).

3.1.3. Terveys- ja ympäristövaikutukset

Asbestipölylle altistuminen tuo sairastumisen riskin. Hengitettäessä asbestipitoista pölyä, se kulkeutuu ja varastoituu keuhkoihin pysyvästi. Sairastumisriski kasvaa altistumisen mukana. Asbestin aiheuttamat sairaudet voivat puhjeta vasta 20–40 vuotta altistumisen jälkeen. [Rakennustieto 2009a]

Asbesti voi aiheuttaa elimistössä kurkunpää- sekä keuhkosityöpää, keuhkopussin ja vatsakalvon syöpää, asbestoosia ja keuhkopussin paksuuntumia. [Oksa 2014] Asbestilla ei ole merkittäviä ympäristövaikutuksia. Asbestipöly on lähes liukenematon biologisessa ympäristössä. [Rakennustieto 1993]

3.1.4. Käsittely

Asbestijäte voidaan loppusijoittaa kaatopaikan erillisiin soluihin, jotka on katettu tai eristetty toisistaan ja ympäristöstään [Ympäristöhallinto]. Asbestijäte voidaan myös sijoittaa esimerkiksi kaivantoihin omalle täyttöalueelleen, erilleen muusta täyttötöiminnasta [Ekokem 2003]. Kaatopaikalla asbestijäte viedään sille varattuun paikkaan ja peitetään heti [Oksa 2014].

3.2. PAH-yhdisteet

Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) muodostuvat kahdesta tai useammasta fuusioituneesta bentseenirenkaasta. Yhdisteet syntyvät epätäydellisessä palamisreaktiossa [Työterveyslaitos 2011]. PAH-yhdisteitä sisältävät rakennusmateriaaleista mm. kivihiilipiki, kivihiiliterva, terva, bitumi ja asfaltti. PAH-yhdistepitoisia rakennusmateriaaleja on käytetty etenkin kosteuden- ja vedeneristeenä vanhoissa rakennuksissa. PAH-yhdisteet ovat vaarallisia terveydelle ja ympäristölle. PAH-analyysissä rakennusmateriaaleista analysoidaan 16 EPA-PAH-yhdistettä. Yhdisteet Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston (EPA) priorisoimat yhdisteet (taulukko 1). CAS-numero on kansainvälinen kemikaaleille annettava numerosarja, jota käytetään yleisesti aineen tunnistamisessa. Kemikaaleille voi olla monia eri nimiä, mutta vain yksi CAS-numero. [WHO 2015]

Taulukko 1. PAH(16)-yhdisteet ja niiden CAS-numerot.

PAH-yhdiste	CAS-numero
naftaleeni	91-20-3
asenaftyleeni	208-69-8
asenaftteeni	83-32-9
fluoreeni	86-73-7
fenantreeni	85-01-8
antraseeni	120-12-7
fluoranteeni	206-44-0
pyreeni	129-00-0
bentso[a]antraseeni	56-55-3
kryseeni	218-01-9
bentso[b]fluoranteeni	205-99-2
bentso[k]fluoranteeni	207-08-9
bentso[a]pyreeni	50-32-8
indeno1,2,3-cd]pyreeni	193-39-5
dibentso[a,h]antraseeni	53-70-3
bentso[ghi]peryleeni	191-24-2

3.2.1. Käyttöhistoria

PAH-yhdistepitoisia rakennusmateriaaleja on käytetty kattuhuovissa, vedeneristeissä ja valuasfalteissa 1800-luvulta lähtien 1990-luvun alkuun saakka (liite 1). PAH-yhdistepitoisia bitumikermejä on käytetty mm. parvekkeissa ja alapohjissa betonikerrosten välissä vedeneristeinä [Säntti 2015]. PAH-yhdistepitoisella kreosoottitervalla kyllästettyä rakennuspaperia ja -pahvia on käytetty mm. putkien pinnoittamiseen sekä ulkoseinä- ja kattorakenteissa (kuva 3). Puunkyllästeenä PAH-yhdistepitoista kreosoottia saa käyttää vieläkin erityistarpeisiin [Rakennustieto 2014a].

3.2.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset

Osa PAH-yhdisteistä luokitellaan karsinogeenisiksi ja mutageenisiksi, eli ne saattavat altistaa syöville sekä perimämuutoksille. Yhdisteet voivat olla myös vaarallisia lisääntymisterveydelle. PAH-yhdisteet ovat rasvaliukoisia, minkä ansiosta ne voivat imeytyä ihon ja ruoansulatuskanavan kautta ihmiseen. Yhdisteet leviävät

rakennusmateriaalien kautta usein kosketuksella ihon läpi tai hengitysilman kautta. PAH-yhdisteet muuttuvat syöpävaaralliseen muotoon aineenvaihdunnan seurauksena. [Järvinen 2009]



Kuva 3. PAH-yhdisteitä sisältävä tervapahvi.

3.2.3. Käsittely

Jätteen PAH-yhdistepitoisuudesta ei ole kansallista vaarallisen jätteen rajaa, vaan kaatopaikoilla on omat raja-arvonsa käsittelyn suhteen. Pysyvän jätteen kaatopaikalle raja-arvo on 40 mg/kg (liite 2) [Valtioneuvosto 2006]. Suomessa ei ole pysyvän jätteen kaatopaikkoja, mutta tätä raja-arvoa on sovellettu osassa tavanomaisen jätteen kaatopaikoista. Tavanomaisen jätteen kaatopaikoille sijoitettavan jätteen PAH-yhdisteiden raja-arvot vaihtelevat 30 mg/kg ja 150 mg/kg välillä. Betoniin tai maa-ainekseen imeytyneitä PAH-yhdisteitä voidaan käsitellä kompostoimalla. Polymeerit ja kumit, joihin on imeytynyt PAH-yhdisteitä, voidaan polttaa haitta-aineiden polttoon soveltuvassa jätteenpolttolaitoksessa. PAH-yhdistepitoisuuden ollessa 200 mg/kg toimitetaan jäte yleensä vaarallisen jätteen keräykseen [Rakennustieto 2011a].

3.3. PCB-yhdisteet

Polyklooratut bifenyylit (PCB) ovat teollisesti valmistettuja orgaanisia klooriyhdisteitä. PCB-yhdisteitä on yhteensä 209 eri kongereenia. Kongereenit ovat samankaltaisia yhdisteitä, joissa voi olla vaihteleva määrä esimerkiksi klooria. PCB-yhdisteitä analysoitaessa käytetään Valtioneuvoston asetuksessa 403/2009 määrättyä 7 kongereenin analyysiä (taulukko 2). [Valtioneuvosto 2009]

Taulukko 2. analysoitavat PCB(7)-yhdisteet. [Valtioneuvosto 2009]

IUPAC-numero	PCB-yhdiste	CAS-numero
28	2,4,4'-triklooribifenyyl	7012-37-5
52	2,2',5,5'-tetraklooribifenyyl	35693-99-3
101	2,2',4,5,5'-pentaklooribifenyyl	37680-73-2
118	2,3',4,4',5-pentaklooribifenyyl	31508-00-6
138	2,2',3,4,4',5'-hexaklooribifenyyl	35065-28-2
153	2,2',4,4',5,5'-hexaklooribifenyyl	35065-27-1
180	2,2',3,4,4',5,5'-heptaklooribifenyyl	35065-29-3

3.3.1. Käyttöhistoria

Kauppanimikkeellä Aroclor valmistettiin Yhdysvalloissa yli 90 prosenttia kaikista PCB-pitoisista tuotteista vuosina 1958-1977 [Mayes 1997]. PCB-yhdistepitoisia materiaaleja on käytetty erityisesti sauma-aineissa (kuva 4), maaleissa ja kondensaattoriöljyissä. PCB-yhdisteitä on mahdollisesti käytetty 1910-1980-luvuilla valmistetuissa rakennusmateriaaleissa [Rakennustieto 2014a]. PCB-yhdisteitä voi löytyä myös uudemmissa sauma-aineista, tai muista materiaaleista sillä yhdisteet ovat voimakkaasti imeytyviä. Vanhoista sauma-aineista on voinut imeytyä PCB-yhdisteitä uusiin sauma-aineisiin. Imeytyminen voi tapahtua esimerkiksi seuraavilla tavoilla. Vanhoista sauma-aineista on voinut imeytyä yhdisteitä ensin betoniin ja myöhemmin betonista on voinut imeytyä uusiin sauma-aineisiin. Jos vanhoja sauma-aineita ei ole poistettu huolellisesti, on yhdisteitä voinut imeytyä niistä suoraan uusiin sauma-aineisiin.



Kuva 4. PCB-yhdistepitoinen saumausmassa.

PCB-yhdisteiden sekä yhdisteitä sisältävien tuotteiden valmistaminen, maahantuonti, myyminen ja luovuttaminen kiellettiin kokonaan vuoden 1990 alusta alkaen

[Komulainen, ym. 2011, Ympäristökeskus 2004]. 1980-luvulla PCB-yhdisteitä käytettiin vielä joissain maaleissa, öljyissä, ja lamppujen polttimoissa [Rakennustieto 2014a].

3.3.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset

PCB-yhdisteet ovat pysyviä orgaanisia yhdisteitä (POP) ja voivat aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia. PCB-yhdisteet ovat pääosin rasvaliukoisia ja erittäin pysyviä. Vähemmän klooria sisältävät yhdisteet voivat hajota suhteellisen nopeasti. [Seppälä 2013, Ympäristöministeriö 2004]

Yhdisteet voivat kulkeutua elimistöön hengityksen, ihon tai ruoansulatuksen kautta. Hengityksen kautta yhdisteet kulkeutuvat hengittäessä PCB-yhdistepitoista pölyä. Ihon läpi yhdisteet kulkeutuvat ihokosketuksen yhteydessä imeytymällä ihon läpi. [Rakennustieto 2011b] Yhdisteet varastoituvat elimistön rasvakudokseen ja maksaan. PCB-yhdisteet ovat erittäin myrkyllisiä varsinkin vesieliöille. PCB-yhdisteiden sisältämän kloorin määrä lisää yhdisteiden adsorboitumista orgaaniseen ainekseen vesistöissä. Yhdisteille altistuminen on aiheuttanut lisääntymis- ja kehityshäiriöitä useilla eläinlajeilla. Yhdisteet voivat myös häiritä hormonitoimintaa. [Seppälä 2013, Ympäristöministeriö 2004]

3.3.3. Käsittely

PCB-yhdistepitoista jätettä voidaan käsitellä esimerkiksi tehopolttolla, termisellä desorptiolla ja maan pesulla [Penttinen 2001]. Jätettä, joka sisältää alle 1 mg/kg PCB-yhdisteitä voidaan uudelleenkäyttää maanrakentamisessa (liite 3). Yli 50 mg/kg PCB-yhdisteitä sisältävä jäte luokitellaan vaaralliseksi ja vaatii erityistoimenpiteitä purkamisessa ja jätteenkäsittelyssä. PCB:n raja-arvot tavanomaisen jätteen kaatopaikalle vastaanottamiseen vaihtelevat kaatopaikoittain. Raja-arvo voi vaihdella 1 mg/kg:sta aina 50 mg/kg:n. [Valtioneuvosto 2006, 2015b]

3.4. PVC-muovit

Polyvinyylikloridi (PVC) luokitellaan sekajätteeksi, eikä ole vaarallista jätettä. PVC tutkitaan usein haitta-ainetutkimuksissa, koska PVC-muovimattoja ei voida polttaa tavanomaisissa polttolaitoksissa PVC:n sisältämän kloorin takia. PVC:n palamisessa syntyy vaarallisia yhdisteitä, mm. suolahappoa. PVC-muovin polttamiseen tarvitaan

erillistä jätteenpolttolaitosta. PVC-muoveja on käytetty rakennusten muovimatoissa ja vinyylilaatoissa. Myös erilaisissa letkuissa ja putkissa voi olla PVC-muovia. PVC-muovilaadun voi tunnistaa tuotteesta mahdollisesti löytyvästä nuolikoskiasta, missä on PVC:n tunnistusnumero keskellä (kuva 5).

3.4.1. Käyttöhistoria

Polyvinyylidikloridi on hyvin laajasti käytetty rakennusmateriaaleissa. PVC-muoveja käytetään paljon mm. putkissa ja muovisissa lattiapäällysteissä, muovimatoissa ja vinyylilaatoissa. PVC:n kaupallinen käyttö alkoi 1920-luvulla. PVC kehitettiin jo



Kuva 5. PVC-muovin merkintä. [Wikipedia]

aikaisemmin, mutta vasta 20-luvulla siihen lisättiin pehmittimenä toimivia lisäaineita. Pehmittimet mahdollistivat PVC:n helpon käsittelyn, jonka jälkeen materiaali yleistyi hyvin nopeasti.

3.4.2. Terveysvaikutukset

PVC-pitoinen muovi ei itsessään ole haitallinen, mutta palaessa PVC:n sisältämä kloori muodostaa kloorivetyä ja edelleen suolahappoa. Kloorin osuus PVC:ssä on n. 35–55 % [Alakangas 2003]. Suolahappo syövyttää metalleja ja betonia, joten polttolaitoksen tulee seurata piipun ja uunin kuntoa tarkasti, jos laitoksessa poltetaan PVC-muoveja.

3.4.3. Käsittely

PVC-muovia voi polttaa pieniä määriä polttolaitoksissa, mutta PVC ei kuulu energiajakeeseen. PVC on mahdollista kierrättää sellaisenaan. Kierrätetty PVC-muovi on todettu olevan ominaisuuksiltaan lähes identtinen uusiomuoviin verrattuna. Ongelmana ovat kuitenkin Suomen pienet jätemäärät sekä jätteen heterogeenisuus. [Poropudas 2011]

3.5. Öljyhiilivedyt

Öljyhiilivedyt (C_5 - C_{40}) voidaan jakaa ryhmiin niiden hiiliatomien lukumäärän mukaisesti. Kevyet bensiinijakeet C_{5-10} ovat suhteellisen nopeasti haihtuvia. Usein haitta-ainetutkimuksissa tutkitaan vain keskiraskaat tisleet C_{10} - C_{21} ja raskaat tisleet C_{21} - C_{40} .

3.5.1. Käyttöhistoria

Rakennusmateriaaleista löytyvät öljyhiilivedyt ovat usein peräisin öljyvahingoista (kuva 6), mutta öljyhiilivetyjä on voinut imeytyä rakenteisiin myös maaperästä ja aiemmin käytetyistä rakennusmateriaaleista, kuten valuasfalteista [Mod 2014]. Öljy leviää rakenteisiin hakemalla kemiallista tasapainoa, eli se pyrkii tekemään homogeenisen konsentraation esimerkiksi betoniin [Komulainen 2015].



Kuva 6. Öljyhiilivetyjä imeytynyt betoniin. [askshell]

Huokoiset rakennusmateriaalit, kuten betoni, puu ja useat eristeet voivat imeä sisäänsä suuriakin määriä öljyä. Öljyjen mukana rakennusmateriaaleihin voi imeytyä muitakin haitallisia aineita. Öljyvahinkojen yhteydestä on löydetty mm. PAH-yhdisteitä, PCB-yhdisteitä, BTEX-yhdisteitä, öljyhiilivetyjä sekä raskasmetalleja. Öljyvahinkoja on usein tapahtunut autotalleissa, lämmönjakohuoneissa, öljysäiliöhuoneissa sekä mekaanisia koneita sisältäneissä tiloissa. Öljyhiilivetyjen imeytymistä rakenteisiin voidaan estää tai hidastaa oikeanlaisella suunnittelulla tai suojarakenteiden rakentamisella suuren riskin tiloihin. [Säntti 2015]

3.5.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset

Rakenneaineisiin imeytynyt öljy haihtuu rakenteista hiljalleen. Haihtuessaan öljy heikentää sisäilman laatua. Öljyt ovat heikosti biokertyviä ja suhteellisen nopeasti haihtuvia yhdisteitä. Kevyemmät jakeet haihtuvat nopeammin kuin raskaat jakeet.

3.5.3. Käsittely

Öljy voidaan poistaa maaperästä termisillä menetelmillä tai kompostoimalla. Termisissä öljynpoistomenetelmissä haitta-aineet ensin höyrytetään 500 °C lämpötilan ylä- tai alapuolella ja sen jälkeen poltetaan n. 1000 °C lämpötilassa, riippuen menetelmistä. [Heinonen 2000]. Kompostoinnissa öljy hajotetaan bakteerien avulla. Öljypitoista materiaalia käännellään aumassa. Mineraaliöljypitoisuuden (C_{10} - C_{40}) ollessa yli 2500 mg/kg, luokitellaan jäte usein vaaralliseksi.

3.6. Käsitelty puu

Painekyllästetyssä puussa laholle altis pintapuukerros on kyllästetty suoja-aineella. Puu kyllästetään paineen avulla kyllästyssylinterissä. Kyllästysaine tunkeutuu sydänpuuhun vain muutaman millimetrin syvyyteen. Sydänpuu kestää lahoamista luonnostaan. [Puuinfo 2010]



Kuva 7. Kreosootilla kyllästetty puu sisältää PAH-yhdisteitä.

Puun kyllästeaineissa on käytetty kreosoottia (kuva 7) sekä haitallisia metalleja sisältäviä yhdisteitä. Yhdisteet ovat sisältäneet mm. kromia, kuparia ja arseenia. Nykyisin Suomessa yleiseen käyttöön valmistettava kyllästetty puu sisältää vain kuparisuoloja ja orgaanisia tehoaineita. CCA-kyllästeissä on kuparia, kromia ja arseenia. CC-kyllästeessä on kuparia ja kromia. [Kostamo 2011]

3.6.1. Käyttöhistoria

Kreosoottia on käytetty puun kyllästämiseen jo 1800-luvulla. Kreosoottikyllästeiden käyttö on edelleen sallittua ulkotiloissa ja ammattikäytössä. Esimerkiksi Linnanmäen vuoristoradan kyllästämiseen on käytetty kreosoottia.

Arseenia sisältävää puutavaraa ei ole saanut luovuttaa kuluttajille eikä käyttää kotitalouksissa tai asuinalueilla vuoden 2004 jälkeen. Haitallisia metalleja on käytetty kyllästämiseen 1930-luvulta aina 1990-luvun puoliväliin saakka. [Rakennustieto 2014a]

Kloorifenoleita on käytetty puun sinistymisen estämiseen 1930–1980-luvuilla [Rakennustieto 2014a]. Sinistymisen estäminen kloorifenoleilla ei ole puun kyllästämistä [Tähkälä 2015]. Puun sinistyminen tarkoittaa puun värjäytymistä siniseksi sinistäjäsiemen vaikutuksesta. Sinistyminen ei vaikuta oleellisesti puun lujuusominaisuuksiin. Suomessa yleisin sinistymisen estoon käytetty aine on KY5-niminen puunsuoja-aine. KY5 sisälsi 5-10 % pentakloorifenolia sekä epäpuhtauksina dioksiineja ja furaaneja. Puun kloorifenolikäsittelyn yhteydessä on useista paikoista löydetty kloorifenolipitoista maa-ainesta. [Rakennustieto 2014a, Puuinfo 2015]

3.6.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset

Kyllästetyn puun haitallisille aineille voi altistua käsitellessä ja työstäessä kyllästettyä puuta. Altistuminen tapahtuu pääosin kosketuksen ja hengityksen kautta. Vaarallisille aineille on vaara altistua etenkin jos käsittelee tuoretta kyllästettyä puuta. [Rakennustieto 2014]

Kreosootin terveys- ja ympäristövaikutukset ovat esitetty kohdassa PAH-yhdisteet. CCA-kyllästeissä käytetty arseenipentoksidi altistaa ruoansulatuksen ja hengityselinten kautta. Arseenipentoksidi on todettu aiheuttavan ihmiselle syöpää. [Rakennustieto 2014]

Kyllästysaineissa oleva kromi on kuusiarvoisena kromitrioksidina, mikä on myrkyllistä nieltynä ja koskettaessa ihoa. Kromitrioksidi on syövyttävää ja herkistävää iholle sekä sen on todettu aiheuttavan syöpää hengitettynä. Eläintutkimuksissa aineen on todettu haittaavan hedelmällisyyttä ja sikiön kehitystä. [Rakennustieto 2014]

Kloorifenoleja kerääntyy Laitisen mukaan useisiin maaperäeläimiin. Tutkimuksessa eliöt altistuivat kloorifenoleille ruoansulatuksen ja kosketuksen kautta. Kloorifenolit olivat hyvin haitallisia maaperässä eläville eliöille sekä kasveille. [Laitinen 2008]

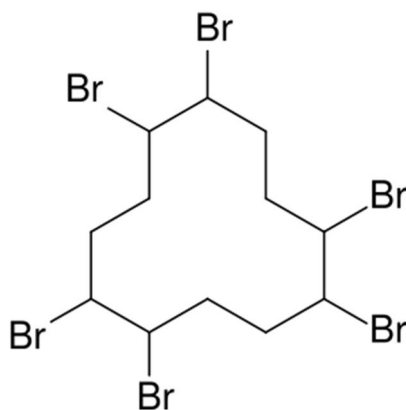
3.6.3. Käsittely

Puu voidaan polttaa käsittelyn jälkeen. Käsittely riippuu puun sisältämistä haitta-aineista. Kyllästetty puu voidaan hyödyntää energiana vaarallisen jätteen polttolaitoksissa. Kreosoottipitoinen puujäte voidaan polttaa jätteenpolttolaitoksessa. CC- ja CCA-kyllästetyt puut käsitellään ja hyödynnetään energiana kyllästetyn puun polttamiseen erikoistuneessa biopolttolaitoksessa. [Tähkälä 2015]

Kloorifenolipitoista maa-ainesta voidaan jossain määrin kompostoida. Kompostoinnin yhteydessä kuitenkin kloorifenolia pysyvämmät dioksiinit ja furaanit eivät hajonneet. Klooripitoisten jätteiden polttamisessa syntyy vaarallisia savukaasuja, jotka pitää ottaa talteen jätteenpoltossa. [Laitinen 2008, Rinne, ym. 2008]

3.7. Heksabromisyklododekaani (HBCD)

Heksabromisyklododekaani (3194-55-6) (kuva 8) on bromattu kankaissa ja muoveissa käytetty palonestoaine. Yhdisteen bromipitoisuus on noin 75 painoprosenttia. Ainetta on löydetty kertyneenä kaloista ja muista vesieläimistä.



Kuva 8. HBCD:n rakennekuva. [Wikipedia]

3.7.1. Käyttöhistoria

Heksabromisyklododekaani tuli markkinoille 1960-luvun loppupuolella. Heksabromisyklododekaania on käytetty palonestoaineena polystyreenissä, tekstiileissä ja elektroniikkatuotteissa. Tukholman sopimuksessa vuonna 2013 sovittiin HBCD:n käytön rakennusten eristeissä voivan jatkua poikkeusluvalla 5-10 vuotta. Muissa kohteissa HBCD:n käyttö on lopetettava.

3.7.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset

HBCD on nisäkkäillä ihoa herkistävä aine. Lisäksi yhdisteen epäillään aiheuttavan maksavaurioita ja mahdollisesti syöpää. HBCD on akuutisti myrkyllinen vesieliöille. [Fraktman, 2002] HBCD:n on todettu eläinkokeissa olevan haitallista lisääntymiselle ja yksilökehitykselle. Lisäksi HBCD:n on todettu olevan voimakkaasti biokertyvä ja ravintoketjussa rikastuva yhdiste. [Suomen Ympäristökeskus]

3.7.3. Käsittely

HBCD jätettä on hävitetty polttamalla, kierrättämällä ja sijoittamalla se kaatopaikalle. HBCD:n polttamisesta voi sivutuotteena muodostua haitallisia dioksiineja ja furaaneja.

3.8. DDT – DDD – DDE

Diklooridifenyyli-*trans*-dikloorietaani (DDT) (50-29-3) on tuholaismyrkkynä käytetty kloorattu hiilivety. DDD (72-54-8) ja DDE (72-55-9) ovat DDT:n hajoamistuotteita. Yhdisteet ovat hyvin pysyviä ja kertyviä.

3.8.1. Käyttöhistoria

DDT kehitettiin vuonna 1939. Suomessa aine tuli myyntiin vuonna 1946. Myynti päättyi vuonna 1972 ja 76 tuli voimaan täydellinen käyttökielto. DDT:tä suositeltiin käytettävän yleistorjunta-aineena useimpia tuhohyönteisiä vastaan 1940–1960 luvuilla.

3.8.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset

Aine imeytyy elimistöön nieltynä. Lyhytaikainen altistuminen voi aiheuttaa vaikutuksia keskushermostossa, johtaen kouristuksiin ja hengityksen lamaantumiseen, tai jopa kuolemaan. Pitkäaikainen altistuminen aiheuttaa vaikutuksia myös maksassa. DDT aiheuttaa mahdollisesti syöpää ja vahingoittaa lisääntymistä ja kehitystä.

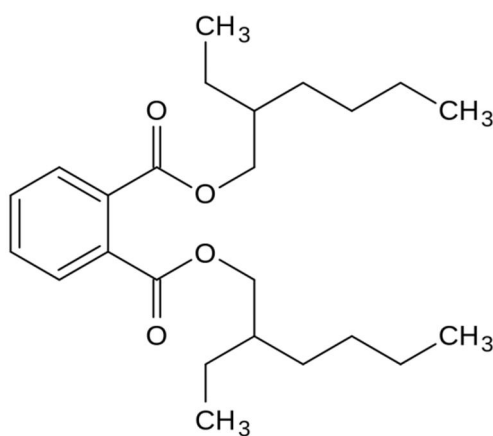
DDT on erittäin myrkyllistä vesieliöille ja aiheuttaa vaaraa ympäristölle ja etenkin linnuille. Aine kertyy ravintoketjussa erityisen paljon vesieliöihin. [WHO 2015]

3.8.3. Käsittely

DDT:n palaessa muodostuu myrkyllisiä ja syövyttäviä huuruja sisältäen kloorivetyä. Palamisyhdisteet reagoivat alumiinin ja raudan kanssa, syövyttäen yleisimpiä rakenteita.

3.9. DEHP

Di(2-etyyliheksyyli)ftalaatti, eli DEHP (117-81-7) (kuva 9), on ftalaatti. Ftalaatit ovat ftalihapon estereitä. Ftalaatteja käytetään paljon muovin, varsinkin PVC:n, pehmentimenä. Ftalaatit ovat heikosti kiinnittyneinä muoveihin. Heikkokuntoisista muoveista Ftalaatit voivat vapautua ympäristöön helposti. Suuren ftalaattipitoisten kuluttajatuotteiden määrän on todettu lisäävän ftalaattipitoisuutta hengitysilmassa. [Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2014]



Kuva 9. DEHP:n rakennekuva. [Wikipedia]

3.9.1. Käyttöhistoria

Tuotetta on käytetty etenkin PVC-materiaaleissa pehmentimenä. Aineen osuus muovista on voinut olla jopa 80 %. DEHP:a on käytetty pintakäsittelyaineena, korjausmaalina ja maaliaerosolina. Lisäksi ainetta on käytetty erikoisöljyissä ja teknisten kumituotteiden, letkujen ja kestopuovin valmistuksessa. DEHP:n käytöstä tuli EU:n alueella luvanvaraista helmikuusta 2015 lähtien.

3.9.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset

Pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa vaaraa perimälle, sikiölle, lisääntymiselle ja kehitykselle. Lyhytaikainen altistuminen voi aiheuttaa ärsytystä silmissä ja hengityselimissä. Aine imeytyy elimistöön ihon läpi, hengitysteitse ja nieltynä. Aine kertyy ravintoketjussa erityisesti vesieliöissä. [kemikaalikortti] Ftalaatit ovat usein suhteellisen nopeasti hajoavia, mutta DEHP hajoaa melko hitaasti. DEHP:n puoliintumisaika on 58–400 vuorokautta. [Marttinen, ym. 2014, WHO 2015]

DEHP on altis emäksiselle hydrolyysille alustabetonin kosteuden vaikutuksesta. DEHP:n päänajoamistuote on 2-etyyliheksanoli (2-EH)(104-76-7) [Backlund 2014]. 2-EH voi imeytyä elimistöön hengityksen tai ruoansulatuksen kautta. Yhdiste voi ärsyttää ihoa, silmiä ja hengitysteitä sekä aiheuttaa vaikutuksia keskushermostoon. [WHO 2015]

3.9.3. Käsittely

DEHP:lle ei ole vaarallisen jätteen pitoisuuksia. DEHP:n pääasiallinen käyttö on PVC:n lisäaineena, joten käsittely on esitetty PVC:n käsittelyssä.

3.10. BTEX-yhdisteet

BTEX on lyhenne sanoista bentseeni (71-43-2), tolueeni (108-88-3), etyylibentseeni (100-41-4) ja ksyleeni (1330-20-7). Ksyleenillä esiintyy kolme eri isomeeriä, orto-ksyleeni (95-47-6), meta-ksyleeni (108-38-3) ja para-ksyleeni (106-42-3).

BTEX-yhdisteet ovat värittömiä nesteitä. Bentseeni on kirkas vettä kevyempi neste, jolla on aromaattinen tuoksu. Bentseenihöyry on ilmaa raskaampaa. Tolueneilla on makeahko, lievästi pistävä haju. Ksyleenillä on makea, bentseeninkaltainen haju. [Työterveyslaitos 2015]

3.10.1. Käyttöhistoria

Bentseeniä on kivihiilitervassa ja moottoribensiinissä. Bentseeniä käytetään myös muun muassa väriaineiden ja pesuaineiden valmistuksessa sekä useiden muovien raaka-aineena. Bentseenin käyttö on rajoitettua. Kansainvälisen työjärjestön (ILO) bentseenikonvention nojalla bentseenin käyttö esimerkiksi liuottimena on sallittu vain suljetuissa prosesseissa. Valtioneuvoston päätöksen mukaan moottoribensiinissä saa olla enintään 1 tilavuusprosentti bentseeniä.

Tolueenia ja ksyleeniä käytetään liuottimena ja ohenteena mm. maaleissa, lakoissa, liimoissa ja väriaineissa. Ksyleeniä käytetään myös torjunta-aineiden valmistuksessa sekä kumi- ja nahkateollisuudessa. Etyylibentseeniä käytetään joidenkin muovien valmistusprosesseissa.

3.10.2. Terveys- ja ympäristövaikutukset

Etyylibentseeni imeytyy elimistöön hengitysteitse ja nieltynä. Muut BTEX-yhdisteet imeytyvät näiden lisäksi myös ihon läpi. [WHO 2015]

Lyhytaikainen altistuminen voi aiheuttaa ihon punoitusta, pahoinvointia ja silmien kirvelyä. Altistuminen yhdisteille voi johtaa muutoksiin keskushermostossa. Jo lyhytaikainen altistus bentseenille voi johtaa tajuttomuuteen ja kuolemaan. [WHO 2015]

Eläinkokeiden perusteella BTEX-yhdisteet voivat olla vaarallisia lisääntymiselle ja kehitymiselle. Jotkin yhdisteistä ovat lisäksi syöpävaarallisia. Bentseeni on erittäin vaarallista vesieliöille ja muutkin yhdisteistä ovat vaarallisia. [WHO, 2015]

Yhdisteet ovat myös helposti syttyviä, etenkin bentseeni, tolueeni ja etyylibentseeni, mutta myös ksyleenit ovat syttyviä. Yhdisteiden höyry-ilmaseokset voivat olla räjähtäviä matalissa lämpötiloissa. Paloturvallisuus on tärkeä varmistaa, jos työalueella on suuria pitoisuuksia. [WHO 2015]

3.10.3. Käsittely

BTEX-yhdisteitä voi löytyä öljypitoisista rakenteista [Säntti 2015]. Jäte voidaan käsitellä samalla tavalla kuin öljypitoiset rakennusmateriaalit ja öljypitoinen maa-aines. Pilaantuneen maa-aineksen kompostointi ja termiset öljynpistomenetelmät ovat hyviä puhdistusmenetelmiä.

4. Haitta-aineiden tutkiminen ja tulosten raportointi

Tässä kappaleessa perehdytään haitta-aineiden tutkimiseen ja tutkimustulosten raportointiin. Perehdytään miksi tutkitaan haitta-aineita ja missä muodossa tulokset tulisi raportoida, jotta niistä olisi mahdollisimman paljon hyötyä. Lisäksi tarkastellaan milloin jäte luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi.

4.1. Haitta-ainetutkimus ja -arvio

Haitta-ainetutkimus tai -arvio tulee teettää, kun tarvitaan tietoa rakennuksen sisältämistä haitta-ainepitoisista materiaaleista. Tietoa rakennuksen sisältämistä haitta-aineista tarvitaan kun rakennukseen tehdään muutostöitä, joista johtuen haitalliset aineet voivat aiheuttaa vaaraa rakennuksen käyttäjille, rakennuksessa työskenteleville ihmisille tai ympäristölle. Rakennuksen tai sen osien purkamisen yhteydessä tarvitaan rakenteiden sisältämistä haitta-aineista, haitta-aineiden laadusta ja haitta-ainepitoisten materiaalien määristä. Tiedot tarvitaan purkumenetelmien valintaan sekä jätteen lajittelua, käsittelyä ja loppusijoitusta varten. Haitallisten aineiden sallitut pitoisuudet riippuvat rakennuksen käyttötarkoituksesta, tästä johtuen rakennukselle tulee tehdä haitta-ainekartoitus tai -tutkimus käyttötarkoituksenmuutoksen yhteydessä. [Rakennustieto 2014b]

Haitta-ainearvio on vain aistihavaintoihin ja arkistotietoihin perustuva arvio haitta-aineiden laadusta, määrästä ja sijainnista. Arvion tietoja voidaan käyttää haitta-ainetutkimuksen suunnitteluun, korjaussuunnitteluun, käyttöturvallisuuden arviointiin, työturvallisuuden riskinhallintaan sekä purku- ja korjaustöiden kustannuslaskelmaan sekä jätelajitteluun. [Rakennustieto 2014b]

Haitta-ainetutkimuksen tarkoituksena on selvittää tutkimuskohteen haitta-ainepitoiset materiaalit ja analysoida niiden sisältämät haitalliset aineet. Haitta-ainetutkimuksessa tutkitaan pintamateriaalit, rakenteet ja ulkokuori. Rakenteita tutkittaessa tulee tehdä myös rakenneavauksia. Tutkimuksessa selvitetään haitalliset materiaalit, sekä rakenteisiin mahdollisesti imeytyneet haitalliset aineet. Haitta-ainetutkimus voidaan myös rajata tilaajan tarpeiden mukaan, tällöin puhutaan rajatusta haitta-ainetutkimuksesta. Haitta-ainetutkimus voidaan rajata vain tiettyyn osaan

rakennuksesta, tai esimerkiksi vain rakenteisiin imeytyneihin haitallisiin aineisiin. [Rakennustieto 2014b]

Haitta-ainetutkimusta varten on tärkeää kerätä haitta-aineiden paikantamista helpottavia lähtötietoja. Haitta-ainetutkimusta suunniteltaessa, on tärkeää tietää, minkälaisia toimenpiteitä varten haitta-ainetutkimus tehdään. Onko kiinteistölle suunniteltu esimerkiksi käyttötarkoituksen muutos, korjaus tai purku. Kiinteistön käyttö- ja korjaushistorian avulla saadaan paljon ennakotietoja mahdollisista haitta-aineiden sijainneista. Esimerkiksi autotalleissa, öljysäiliöhuoneissa ja lämmönjakohuoneissa on usein imeytynyt öljyhiilivetyjä lattiarakenteeseen. Kondensaattoreita sisältäneissä tiloissa voi olla PCB-yhdiste- ja öljyhiilivetytypitoisuuksia lattiarakenteissa. Haitta-ainetutkijan on hyvä perehtyä myös kohteen korjaus- ja rakennushistoriaan, sillä haitta-aineita sisältävät tuotteet ja niiden markkinoillaolajat ovat hyvin selvillä (liite 1). [Rakennustieto 2014a]

Haitta-ainetutkimuksen kenttätöissä on hyvä kuvata näytteet ja näytteenottopaikat sekä merkitä näytteenottopaikat pohjapiirustukseen. Näytteenottopaikkojen lisäksi on tärkeää merkitä alueet, joilta tiettyjä haitallisia aineita löytyy. Löydettyä haitallisia aineita putkieristeistä, on hyvä merkitä putkien määrä juoksumetreinä. Huolellisella merkitsemisellä ja muistiinpanoilla helpotetaan huomattavasti raportin tekemistä ja myöhempää haitta-aineiden tarkkaa paikallistamista sekä kokonaismäärän laskemista. Näytteitä otettaessa, tutkijan tulee pakata näytteet oikein, sekä paikata rikotut pinnat mahdollisuuksien mukaan. Haihtuvat yhdisteet tulee pakata niin, etteivät ne pääse haihtumaan. Helposti haihtuvien ja pölyävien materiaalien kohdalla näytteenottopaikat tulee paikata hyvin, ettei esimerkiksi asbesti pääse leviämään huoneilmaan. [Rakennustieto 2014a]

4.2. Haitta-ainetutkimusraportti

Haitta-ainetutkimuksen raportti tehdään aistienvaraisten havaintojen ja kohteesta otettujen ja analysoitujen näytteiden avulla. Raportin avulla voidaan tehdä suunnitelmat korjaus- ja purkusuunnittelua, urakkalaskentaa sekä työturvallisuussuunnittelua varten. [Rakennustieto 2014b]

Raportissa arvioidaan rakennuksen sisältämien haitta-aineiden vaikutusta rakennuksen käyttöön ja sisäilman laatuun liittyen. Haitta-aineraportissa tulee esittää vaihtoehtoisia korjausratkaisuja haitta-aineiden vaarallisuuden poistamiseksi. Raporttia tulee voida käyttää myös korjaus- ja purkutöiden turvallisuusriskien hallintaan sekä vaarallisen jätteen lajittelun suunnitteluun ja hallintaan. Haitta-aineraportissa on tuotava selkeästi ilmi, mikäli rakenteilla on vaarana aiheuttaa rakennuksen ympäristön pilaantuminen. [Rakennustieto 2014b]

Rakennuksen käyttöhistorian avulla voidaan arvioida, minkälaisia riskejä rakennuksen käytöstä on aiheutunut rakenteisiin ja rakennuksen ympäristöön. Esimerkiksi teollisuuskäytössä olleissa rakennuksissa voi olla korkeita öljyhiilivetypitoisuuksia. Myös pilaantunut maaperä rakennuksen alla voi pilata sisäilman ja haitalliset aineet voivat kulkeutua maaperän kautta myös rakenteisiin. [Rakennustieto 2014b]

Haitta-aineraportissa selostetaan haitta-ainepitoisten materiaalien sijainnit, vaarallisuudet ja määrät. Raportissa esitetään valokuvia otetuista näytteistä sekä niiden paikoista. Haitta-ainepitoisten materiaalien paikat ja laajuus tulee merkitä pohjapiirustukseen epäselvyyksien välttämiseksi. Haitta-ainetutkijan tulisi pohtia potentiaalisia korjausvaihtoehtoja ja -suosituksia haitta-ainepitoiselle materiaalille. Purkamisen lisäksi haitta-ainepitoinen materiaali voidaan myös tiivistää tai kapseloida, riippuen haitallisesta aineesta ja rakennukselle suunnitelluista toimenpiteistä. Tutkitusta rakennuksesta purettaville ja korjattaville vaarallisille jätteille tulee ilmoittaa jäteluokat ja vaarallisten materiaalien riskiryhmittely rakennuksen käytön, korjaus- ja purkutöiden, ympäristön pilaantumisriskin ja jäteluokituksen suhteen. Raportissa tulee esille myös kosteudesta johtuvat riskit ja vauriot, tilat, joihin tutkimuksissa ei päästy sekä tutkitut materiaalit, mitkä eivät sisällä haitallisia aineita. [Rakennustieto 2014a 2014] [Rakennustieto 2014b]

4.3. Vaarallinen jäte

Vaarallinen jäte on jätelain [17.6.2011/646 6 § 1] mukaan jätettä, jolla on palo- tai räjähdysvaarallinen, tartuntavaarallinen, muu terveydelle vaarallinen, ympäristölle vaarallinen tai joku muu vastaava vaaraominaisuus. Ei siis riitä, että jäte sisältää

vaarallista ainetta sitoutuneena. Aineen pitää myös olla vaarallisessa muodossa, jotta se määritellään vaaralliseksi.

Jäte luokitellaan vaaralliseksi, mikäli siinä on jokin Euroopan Unionin komission asetuksen 1357/2014 mukainen vaaraominaisuus.

Vaarallisen jätteen tuottaminen, kerääminen, kuljettaminen, varastoiminen ja käsitteleminen täytyy toteuttaa olosuhteissa, missä voidaan varmistaa ympäristön ja ihmisen terveyden suojelu. Edelliseen lukeutuu myös veden, ilman, maaperän, kasvien ja eläimien vahingoittaminen sekä melu- ja hajuhaitat.

Vaarallista jätettä ei saa sekoittaa muihin luokkiin kuuluvan vaarallisen jätteen eikä muiden jätteiden, aineiden tai materiaalien kanssa. Sekoittamisessa tarkoitetaan laissa myös vaarallisten aineiden laimentamista. Mikäli vaarallista jätettä sekoitetaan laittomasti, tulee se erotella mahdollisuuksien mukaan. Erottelu ei kuitenkaan saa vaarantaa ympäristöä tai ihmisten terveyttä.

Vaarallisen jätteen sekoituskieltoa voidaan olla noudattamatta, jos erottelun suorittaa laitos tai yritys, jolla on siihen erillinen lupa. Sekoitus tulee suorittaa parhaan mahdollisen tekniikan mukaan ja se ei saa aiheuttaa vaaraa tai haittaa ympäristölle tai ihmisten terveydelle. [Euroopan neuvosto 2008]

Vaarallisen jätteen pitoisuudet voivat olla myös vaarallisen jätteen kaatopaikan raja-arvoja suuremmat. Tällöin jätettä ei voi suoraan sijoittaa vaarallisen jätteen kaatopaikalle, vaan jäte pitää käsitellä ensin, jotta pitoisuudet voitaisiin saada alas. Vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuksien ylittyessä jäte voidaan loppusijoittaa ainoastaan onkalokaatopaikkaan maan alle.

5. Haitta-aineiden vaikutus korjaus- ja purkusuunnitteluun

Haitta-aineet luovat vaativan ympäristön työntekijöille korjaus- ja purkutyömailla. Haitta-aineet ovat väärissä olosuhteissa hengenvaarallisia, joten ne pitää huomioida ja tutkia tarkasti jo korjaus- tai purkutyön suunnitteluvaiheessa.

5.1. Työturvallisuus

Vaarallisten jätteiden parissa työskennellessä työntekijä altistuu kemikaaleille hengitysteiden, ihon ja limakalvojen kautta. Ensimmäisenä altistuvat kädet. Osa haitallisista aineista imeytyy käsien kautta suoraan elimistöön. Käsistä haitalliset aineet siirtyvät helposti suuhun. Haihtuvat kemikaalit avonaisissa astioissa luovat altistumisriskin hengitystiealtistumiseen. Heinosen mukaan tunnistamattomat aineet ja seokset sekä huonosti suunnitellut työtilat aiheuttavat erityisen riskin työturvallisuuteen. [Heinonen 2000]

Haitta-ainepitoinen tila pitää eristää purettaessa, jottei haitallinen aine pääse pölyttymään ja siten kontaminoimaan puhdasta osaa rakennuksesta. Pölyävä haitta-aine on myös turvallisuusriski muille purkajille ja mahdollisesti korjaustyön jälkeisille käyttäjille.

Haitta-aineet voidaan myös kapseloida. Kapseloinnilla voidaan estää asbestin pölyäminen ja rakennuksesta saadaan jälleen turvallinen käyttää. Kapseloinnin kuntoa pitää valvoa säännöllisesti, jotta voidaan varmistaa rakennuksen turvallinen käyttö. Kapseloitu haitta-aine tulee merkitä, että se voidaan paikallistaa tarvittaessa.

Haitta-aineiden purkutyössä on hyvin tärkeää suojautua purettavan haitta-aineen haittaominaisuuksien mukaan. Mikäli haitta-aine on vaarallista hengitettynä ja purettavalla kohteella on riski pölyntyä, on hengityksensuojain todella tärkeä. Käsineet ovat tärkeitä, mikäli haitallinen aine voi imeytyä ihon läpi tai jos haitta-aine voi kontaminoida tai vaarantaa käsien kautta jonkin muun kohteen.

5.2. Ilmoitusvelvollisuus

Mahdollista vaaraa sivullisille osapuolille aiheuttavasta haitta-aineiden purkutyöstä on ilmoitettava työn vaikutuspiirissä oleville tahoille. Asbestityössä tulee kohteen ulkopuolelle asettaa selvästi näkyvä ilmoitus tehtävästä työstä.

Purettavasta rakennuksesta on tehtävä asbestikartoitus, jossa selvitetään kohteessa mahdollisesti sijaitsevan asbestin sijainti, laatu, määrä ja pölyävyys käsiteltäessä tai purettaessa. Mikäli asbestikartoitusta ei tehdä, rakennuttajan on huolehdittava, että koko purku tapahtuu asbestipurkuna. Asbestipurku on huomattavasti kalliimpaa tarkkojen turvallisuusmääräysten takia. Kun purku on suoritettu, asbestikartoitus tulee päivittää vastaamaan nykyistä tilannetta rakennuksen asbestipitoisuuden suhteen. [Rakennustieto 2009a]

5.3. Korjaustavan valinta

Haitta-aine-esiintymiä voi korjata monella tavalla. Ehkä helpoin ja halvin tapa pienelle esiintymälle on kapselointi. Varsinkin asbesti voidaan kapseloida ja siten eristää huoneilmasta. Tiivistyskorjaus on toinen käytetty korjaustapa. Kallein ja ainoa lopullinen korjauskeino on purkaminen. Purkamisessa puretaan vioittunut kohta tai haitta-ainepitoinen materiaali. Vaikka purkaminen on usein kallein ratkaisu, se on ainoa lopullinen ratkaisu. Rakenteet eivät ole ikuisia. Lisäksi tiivistykset heikentyvät ajan myötä ja kapseloinnin pinnoitus kuluu. Viimeistään rakennuksen elinkaaren päätteeksi haitta-ainepitoinen materiaali pitää purkaa haitta-ainepurkuna. Vaikka kapselointi ja tiivistyskorjaus ovatkin hyviä menetelmiä paikallisiin korjauksiin, ne ovat vain väliaikaisia ratkaisuja. Ne eivät varsinaisesti korjaa ongelmaa, vaan poistavat sen vaikutuksen väliaikaisesti. RT-kortissa 20-11160, 2014: Haitta-ainetutkimus Rakennustuotteet ja rakenteet kerrotaan mitä purkutapaa tulee käyttää millekin materiaalille. Materiaalin purkutapa riippuu materiaalin sisältämistä haitta-aineista. [Rakennustieto 2014a]

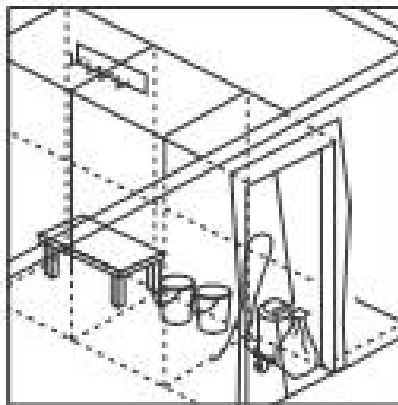
5.3.1. Normaalipurku

Normaalipurkua saa soveltaa haitta-ainepitoisille materiaaleille vain hyvin harvoissa tilanteissa. Metalleja sisältävät muovimatot, -lattialistat ja -tapetit, jotka eivät sisällä

asbestia tai muita haitta-aineita, voidaan poikkeuksellisesti purkaa normaalipurkuna [Rakennustieto 2014a].

5.3.2. Asbestipurku

Asbestipurkua sovelletaan kaikille asbestia sisältäville materiaaleille tai materiaaleille, joiden purkamisen yhteydessä voi altistua asbestille. Asbestipurkutyö on määritelty Valtioneuvoston asetuksessa asbestityön turvallisuudesta 798/2015. Asbestipitoisen materiaalin purkutyö täytyy tehdä mahdollisimman pölyttömästi ja syntynyt pöly poistetaan syntymiskohteessa. Asbestipurkumenetelmiä on useita, kuitenkin kolmea menetelmää käytetään enemmän kuin muita. Nämä kolme menetelmää ovat osastointimenetelmä, purkupussimenetelmä ja kohdepoistomenetelmä. Osastointi on asbestipurkutyön päämenetelmä. [Rakennustieto 2009a, Valtioneuvosto 2015a]



Kuva 10. Osastointipurun kolmivaiheinen sulkutila. [Rakennustieto 2009a]

Osastointimenetelmässä purkualue eristetään ilmastollisesti muista alueista sekä alipaineistetaan. Alipaineistuksella pyritään estämään haitta-ainepitoisen pölyn leviäminen osastoinnin ulkopuolelle, puhtaisiin tiloihin. Alipaineistusta seurataan silmämääräisesti sekä alipaineistuslaitteiden painemittareiden avulla. Silmämääräinen tarkastelu voidaan tehdä osastoidun alueen muoviseinien avulla. Seinien tulee olla painuneina alipaineiseen tilaan päin. Osastoinnissa voidaan käyttää rakennuksen muotoja hyväksi. Osasto voi olla esimerkiksi yksi huone tai koko rakennus. Osastointiin kulku järjestetään kolmivaiheisen sulkutilan kautta (kuva 10). Sulkutilassa purkutyöntekijät pukeutuvat suojavarusteisiin sekä lähtiessään sulkutilasta putsaavat suojavarusteet ja pukeutuvat arkivaatteisiin. [Rakennustieto 2009a, Ekman 2011]

Purkupussimenetelmä soveltuu pieniin ja hyvin paikallisiin asbestipurkutöihin. Purkupussi (kuva 11) asetetaan tiiviisti purettavan kohteen ympärille ja purkutyö tapahtuu pussin sisällä. Purkutyökalut ja purkutyössä tarvittavat välineet kerätään purkupussiin ennen purkutyön aloittamista. Purkupussimenetelmää voidaan käyttää esimerkiksi putkieristeisiin. [Rakennustieto 2009a, Ekman 2011]



Kuva 11. Käsineillä varustettu purkupussi. [astq.fi]

Kohdepoistomenetelmää voidaan käyttää hyvin vähän pölyäviin purkutöihin. Kohdepoistomenetelmässä imetään purkutyössä syntyvä pöly suoraan purkupaikalla kohdepoistomurilla. Kohdepoistomuri varustetaan sopivalla suodattimella, jotta saadaan asbestikuidut talteen. [Rakennustieto 2009a, Ekman 2011]

Purkumenetelmä valitaan purettavan rakenteen materiaalien, muodon, koon ja sijainnin sekä materiaalien asbestipitoisuuden ja pölyävyyden mukaan [Rakennustieto 2009a]. Krokidoliittia purettaessa on sovellettava poikkeuksetta osastointimenetelmää 1.1.2016 alkaen [Valtioneuvosto 2015a].

5.3.3. Haitta-ainepurku

Toisin kuin asbestipurku, haitta-ainepurku ei ole lakisääteinen. Haitta-ainepurku on hieman erilainen eri haitta-aineille ja riippuu myös niiden sijainnista. Haitta-ainepurkutyössä voidaan soveltaa samoja menetelmiä kuin asbestipurkutyössä. Runsaasti pölyävien PAH-yhdistepitoisten rakennusmateriaalien purkutyöhön suositellaan sisätiloissa osastointimenetelmää. PCB-pitoisten saumamassojen purkuun suositellaan kohdepoistomenetelmää. Purkumenetelmä tulisi aina valita purettavan materiaalin pölyävyyden ja sijainnin mukaan. Ulkotiloissa tapahtuvassa purkutyössä

altistus on usein pienempää, mutta haitallisten aineiden leviäminen ympäristöön voi olla suuri. [Rakennustieto 2011a, 2011b]

5.3.4. Kapselointi

Kapseloinnissa haitallista ainetta sisältävä materiaali kapseloidaan siten, että se ei aiheuta ongelmia rakennuksen sisäilmaan. Kapselointia voidaan käyttää varsinkin hiukkasmaisille haitta-aineille, kuten asbestille. Kapseloinnilla voidaan myös hidastaa kaasumaisten haitta-aineiden diffuusiota rakenteiden läpi. Kapselointi on yleensä hyvä vaihtoehto, jos halutaan nopea ja väliaikainen ratkaisu haitta-aineongelmaan. Kapselointi voi myös olla ainoa ratkaisu, jos rakenteen haitta-aineita sisältävän osan purkaminen ei ole mahdollista. [Laine 2014]

Joitakin haitallisia aineita ei voida nykymateriaaleilla täydellisesti kapseloida. Kapseloinnilla voidaan kuitenkin saada tyydyttävä sisäilman laatu tuulettamalla kapseloitua rakennetta siten, että haitta-aineet tuulettuvat hallitusti ulkoilmaan. [Komulainen 2015, Laine 2014]

5.3.5. Tiivistyskorjaus

Tiivistyskorjauksella on tarkoitus parantaa rakenteiden ilmatiiveyttä. Ilmatiiveyden parantamisella pyritään vähentämään energiankulutusta, estää kosteuskonvektiota ja estää epäpuhtauksien kulkeutuminen huoneilmaan. [Laine 2014]

Tiivistyskorjauksessa tiivistetään ilmavuotokohtat. Yleisimpiä ilmavuotokohtia ovat elementtien saumat, alapohjan ja ulkoseinärakenteiden liitoskohdat sekä yläpohjan ja ulkoseinärakenteiden liitoskohdat. [Laine 2014]

Tiivistyskorjauksella voidaan estää hiukkasmaisten haitta-aineiden kulkeutuminen sisäilmaan sekä hidastaa tai vähentää kaasumaisten haitta-aineiden kulkeutumista. Tiivistyskorjauksella ei voida estää diffuusion avulla rakenteiden läpi tulevia haitta-aineita, menetelmä ei siis suojaa sisäilmaa betoniin tai maaperään imeytyneiltä haitta-aineilta. [Laine 2014]

5.4. Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksella pidetään huoli, ettei haitta-ainepitoisesta purkumateriaalista aiheudu vaaraa tai haittaa sivullisten tai purkuhenkilöstön terveydelle tai purkualueen

ympäristölle. Purun jälkeisellä laadunvarmistuksella varmistetaan, että vaarallinen jäte päätyy oikeaan paikkaan, eikä aiheuta vaaraa ympäristölle tai terveydelle.

5.4.1. Ennen purkua

Varmistetaan työntekijöiden koulutus ja kokemus kyseiseen työhön. Purkutyökohteen vastaanoton yhteydessä tarkistetaan kohteen kunto ja vastaavuus suunnitelmiin. Asbestipurkutyössä suunnitelmien tulee perustua asbestikartoitukseen. Asbestikartoituksessa kartoitetaan asbestia sisältävät rakenteet ja materiaalit. Ennen purkutyötä tulee myös selvittää pölyntorjuntatoimenpiteet, ilmanvaihdon teho, IV-koneen sijoitus ja asennus sekä suunnitella työmenetelmien mukainen osastointi. Kohteeseen tulee valita menetelmiin ja vaarallisiin aineisiin sopivat jäteastiat, jätessäkit ja kohteen ulkopuolelle sijoitettavat suljettavat jätelavat. Jätteiden siirrossa tulee huomioida, että vaarallisia jätteitä ei tule kuljettaa käytössä olevien tilojen läpi, mikäli mahdollista. Varmistetaan työkohteen valaistus sekä turvalliset laitteet ja telineet. Käytettävien koneiden kunto tulee tarkastaa konekorteista. Tarvittavat asiakirjat täytyy tarkastaa. [Rakennustieto 2009a, Rakennustieto 2011a]

5.4.2. Purkutyön aikana

Purkutyön aikana tulee noudattaa turvallisia työtapoja ja purkutyösuunnitelman mukaisia menetelmiä. Kaikkia haitta-aineita ei kartoituksen aikana aina löydetä, joten purkutyöntekijöitä täytyy opastaa yllättävien tilanteiden varalta. Poikkeavia tilanteita ovat mm. haitta-aineiden laadun, paikan, määrän tai vaarallisuuden muutos kartoitukseen nähden. Purkutyöalue tulee merkitä selvästi, varsinkin pölyävässä asbestipurkutyössä. Asbestipurkutyössä purkukohde tulee merkitä asbestityöstä varoittavin kyltein ja sivullisten kulkureittejä tulee rajoittaa alueella, asbestipölyn leviämisen estämiseksi. Purkutyöntekijöiden henkilökohtaista suojavarustusta sekä purkukohdekohtaisia suojavälineitä ja -laitteita tulee tarkkailla jatkuvasti. Haitta-ainepitoiset purkujätteet pyritään poistamaan mahdollisimman turvallisesti. Esimerkiksi asbestijäte pitää poistaa mahdollisimman kokonaisena ja mahdollisimman vähän pölyävänä. Purkujäte pakataan siten, että siitä ei aiheudu vaaraa terveydelle tai ympäristölle. Purkujätteet merkitään ja kuljetetaan suunniteltua kulkureittiä pitkin pois työkohteesta. Loppusiivouksen jälkeen tilat ja pinnat ovat puhtaita haitta-aineista ja

ilman puhtaus varmistetaan vielä ilmanäytteellä. Purkukohdetta seurataan alipainetta kirjaavin mittarein. Purkutyön tulos tarkastetaan yhdessä purkajan, suunnittelijan ja valvojan kanssa. [Rakennustieto 2009a, Rakennustieto 2011a]

5.4.3. Purkutyön jälkeen

Haitta-aineiden purkamisen jälkeen kohde tarkastetaan yhdessä suunnittelijan, valvojan ja toteuttajan kanssa. Kohteen loppusiivous tehdään mikrosuodattimilla varustetuilla imureilla. Ilmaa kierretään kohteessa vielä siivouksen jälkeen, jotta pöly- ja vaarallisten aineiden pitoisuus on hyväksyttävällä tasolla. Lisäksi varmistetaan vielä työkohteen siisteys, jätteiden lajittelu ja tarvittaessa työn suojaus sekä huolehditaan jätteiden, mikrosuodattimien, kontaminoitujen suojarustusten ja suojausmateriaalien asianmukaisesta hävittämisestä. Purkutyössä käytetyt välineet ja laitteet tulee puhdistaa ja huoltaa osastointimenetelmän mukaisilla järjestelyillä varustetussa huoltotilassa ennen varastointia tai seuraavaan työkohteeseen siirtoa. [Rakennustieto 2009a, Rakennustieto 2011a]

5.5. Käyttöturvallisuustiedote (MSDS – Material safety data sheet)

Käyttöturvallisuustiedotteella välitetään tietoa aineen tai seoksen ominaisuuksista, riskeistä sekä turvallisesta käytöstä. Käyttöturvallisuustiedote määräytyy REACH-asetuksen (EY 1907/2006) mukaan. [Tukes 2015]

Käyttöturvallisuustiedote laaditaan vaaralliseksi luokitelluista aineista ja seoksista sekä luokittelemattomista seoksista, jotka sisältävät vaarallisia aineita. Edellisten lisäksi myös hitaasti hajoavista, biokertyvistä ja myrkyllisistä sekä erittäin hitaasti hajoavista ja erittäin voimakkaasti biokertyvistä aineista tulee laatia käyttöturvallisuustiedote. Luokittelemattomista seoksista käyttöturvallisuustiedote toimitetaan pyynnöstä. [Tukes 2015]

Mikäli käyttöturvallisuustiedote joudutaan päivittämään, tulee uusi tiedote toimittaa kaikille, jotka ovat vastaanottaneet kemikaalia viimeisen 12 kuukauden aikana. Tiedote tulee lisäksi toimittaa turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) kemikaalituoterekisteriin kemikaali-ilmoituksen yhteydessä. [Tukes 2015]

6. Haitallisten aineiden purkutyön turvallisuusnäkökohdat

Tässä kappaleessa pyritään selvittämään haitta-ainepurkutyön turvallisuusriskejä. Riskit pyritään selvittämään niin purkajien, ympäristön kuin sivullisten näkökulmasta.

6.1. Yleisesti

Haitta-aineiden turvallisuusnäkökulmista tärkeimmät asiat ovat purkutyöntekijöiden henkilökohtainen turvallisuus ja kohteen eristäminen muusta ympäristöstä. Haitalliset aineet ovat vaarallisia terveydelle tai ympäristölle, joten niiden leviäminen on tärkeä estää. Haitallisten aineiden levitessä osastoidun alueen ulkopuolelle, vaarantuu sivullisten terveys ja ympäristö sekä purkutyön loppuessa puhdistettava alue laajenee.

Ennen haitallisten aineidenpurkutyötä täytyy varmistaa kohteen suojauksen ja mahdollisten sulkutilojen toimivuus. Suojauksen toimivuudella estetään haitta-ainepitoisen pölyn tai kaasun leviäminen suoja-alueen ulkopuolelle. Osastoinnin tulee olla tiivis, ilmanvaihto suojatulla alueella tulee estää, kohdepoiston tulee toimia vaaditulla tavalla. Purkukohde tulee merkitä vaadittavilla varoituskylteillä ja ulkopuolisten pääsy työkohteeseen tulee estää.

Työntekijän henkilökohtaisesta suojautumisesta täytyy huolehtia purkukohteen vaatimusten mukaisesti. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet (HTP) (taulukko 3) tulee ottaa huomioon purkutyössä. Riittävällä henkilökohtaisella suojauksella vähennetään haitallisten aineiden aiheuttamaa terveysriskiä. Hengityssuojainten toiminta ja suojapukujen tiiveys on varmistettava. [Sosiaali- ja terveysministeriö 2014]

HTP-arvot ovat arvioita pienimmistä haitallisista pitoisuuksista hengitysilmassa, mitkä voivat aiheuttaa haittaa tai vaaraa työntekijän turvallisuudelle tai terveydelle. HTP-arvot on arvioitu joillekin haitallisille aineille erikseen 15 minuutin työskentelylle ja 8 tunnin työskentelylle. [Sosiaali- ja terveysministeriö 2014]

Suojatulta tai pölyävältä alueelta tulee poistaa kaikki irrotettava ja ylimääräinen kalusto. Tavaroiden poiston ollessa liian vaikeaa, voidaan ne vastaavasti suojata huolellisesti pölyltä ja muilta haitallisilta aineilta. Haitta-ainepitoisen pölyn tai imeytyneen haitta-aineen siivoaminen voi tulla hyvin kalliiksi, joten on tärkeää estää

niiden leviäminen ympäristöön ja huonekaluihin sekä tavaroihin mahdollisimman hyvin.

Jätteenkuljetusreitit ja jäteastiat sekä jäteastioiden purunaikainen sijainti tulee suunnitella niin, että niistä koituu mahdollisimman pieni riski terveydelle ja ympäristölle. Jäteastioiden on hyvä mahdollistaa jätteenkuljetus turvallisesti loppusijoituspaikkaan saakka. Haitta-ainepitoista ei saa välivarastoida työmaalle.

Kohdetta purettaessa tulee kiinnittää huomiota kohteen ja henkilökohtaisen suojauksen toimivuuteen. Haitta-ainepitoinen pöly voi aiheuttaa suuria terveydellisiä ongelmia mikäli kohteen tai henkilökohtainen suojaus pettää kesken purkutyön.

Taulukko 3. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet eri haitta-aineille. [Sosiaali- ja terveysministeriö 2014]

Aine tai aineryhmä	HTP-arvot				
	8 h			15 min	
	ppm	mg/m ³	1/cm ³	ppm	mg/m ³
Asbesti ^{1, 2)}	0,1				
BTEX	Bentseeni ¹⁾	1	3,25		
	Tolueeni	25	81	100	380
	Etyylibentseeni	50	220	200	880
	Ksyleeni	50	220	100	440
PAH ³⁾	Lyijy ¹⁾	0,1			
	Bentso[a]pyreeni	0,01			
	Naftaleeni	1	5	2	10
PVC	PCB	0,003			
	PVC-pöly	1			
	DEHP	5			
	DDT	1			
Kyllästetty puu	Arseeni ja sen epäorgaaniset yhdisteet	0,01			
	Kupari ja sen yhdisteet	1			
	Kromi ja sen (II, III)-yhdisteet	0,5			
	Kromi-(VI) ja sen yhdisteet	0,005			

1) Valtioneuvoston työturvallisuuslain nojalla määrättyjä sitovia raja-arvoja

2) HTP-arvo on asbestille yleinen, ei vaihtelee asbestilaatujen välillä

3) Muille PAH-yhdisteille ei ole määrättyä HTP-raja-arvoa [Sosiaali- ja terveysministeriö 2014]

Osastoitu, tai suljettu alue siivotaan purkutyön jälkeen huolellisesti haitta-aineista. Puretun alueen siisteys tulee vielä varmistaa ennen osastoinnin alipaineistuksen poistoa. Osastoidun alueen ilman asbestipitoisuus pitää olla alle 0,01 kuitua/cm³ ennen alipaineistuksen ja osastoinnin purkua. Osastoinnissa ja suojauksessa käytetyt materiaalit sekä kertakäyttöiset suojavaatteet hävitetään samana haitta-ainepitoisena jätteenä jota kohteessa purettiin. Haitta-ainepitoiset jätteet kuljetetaan suljetuissa astioissa vaarallista jätettä vastaanottavalle kaatopaikalle. Kuljetusastioissa tulee olla lain vaatimat merkinnät astioiden sisältämästä materiaalista ja sen vaarallisuudesta.

Asbesti- tai haitta-ainekartoitus päivitetään puretun asbestin ja muiden haitta-aineiden osalta sekä rakenteisiin jääneen asbestin ja muiden haitta-aineiden osalta. Osastoinnissa ja purkutyössä käytetyt laitteet ja työkalut huolletaan ja puhdistetaan asianmukaisessa paikassa sekä vaaditulla tavalla.

6.2. Asbesti

Valtioneuvoston asetuksen asbestityön turvallisuudesta (798/2015) mukaan asbestipurkutyön suorittajan tulee ilmoittaa asbestipurkutyölupaa edellyttävästä purkutyöstä etukäteen alueellisesti toimivaltaiselle työsuojeluviranomaiselle kirjallisesti, mikäli mahdollista vähintään seitsemän päivää ennen työn aloittamista. [Valtioneuvosto 2015a]

Asbestipurkutyö voidaan suorittaa valtioneuvoston asetuksen (798/2015) mukaan seuraavilla menetelmillä:

- 1) osastointimenetelmällä,
- 2) purkupussimenetelmällä,
- 3) kokonaisena irrottamalla,
- 4) upotusmenetelmällä,
- 5) märkäpurkuna,
- 6) muulla kuin 1-5 kohdassa tarkoitettulla teknisen kehityksen mahdollistamalla menetelmällä, jolla saavutetaan vastaava turvallisuustaso. [Valtioneuvosto 2015a]

Asbestipurkutyön osastointimenetelmässä eristettävä tila on erotettava ilmastollisesti muusta työympäristöstä vähintään viiden ja krokidoliittia purettaessa vähintään kymmenen pascalin paine-erolla [Valtioneuvosto 2015a].

Osastoidussa purkutilassa työntekijän tulee käyttää puhallinkäyttöistä kokonaamaria. Krokidoliittia purettaessa työntekijän on käytettävä kokonaamaria, jossa hengitysilma tuotetaan paineilmalaitteella. [Valtioneuvosto 2015a]

Osastoidun alueen ilman asbestipitoisuus pitää olla alle 0,01 kuitua/cm³ ennen alipaineistuksen ja osastoinnin purkua. Osastoinnissa ja suojauksessa käytetyt materiaalit sekä kertakäyttöiset suojavaatteet ovat asbestijätettä. Asbestijätteet kuljetetaan suljetuissa astioissa asbestijätettä vastaanottavalle kaatopaikalle.

6.3. PAH-yhdistepitoisen materiaalit

PAH-yhdistepitoiset rakennusmateriaalit puretaan Rakennustietosäätiön tuottaman ohjeen, RT 82-0381, mukaan yleensä ennen muita purkutöitä. Mikäli olosuhteiden pakosta joudutaan materiaalit purkamaan muun purkutyön yhteydessä, tulee purkaminen tehdä omana työvaiheenaan. PAH-yhdistepitoiset materiaalit merkitään selvästi ja suojataan esimerkiksi muoveilla, ettei niitä vahingossa pureta muun purkutyön ohessa. [Rakennustieto 2011a]

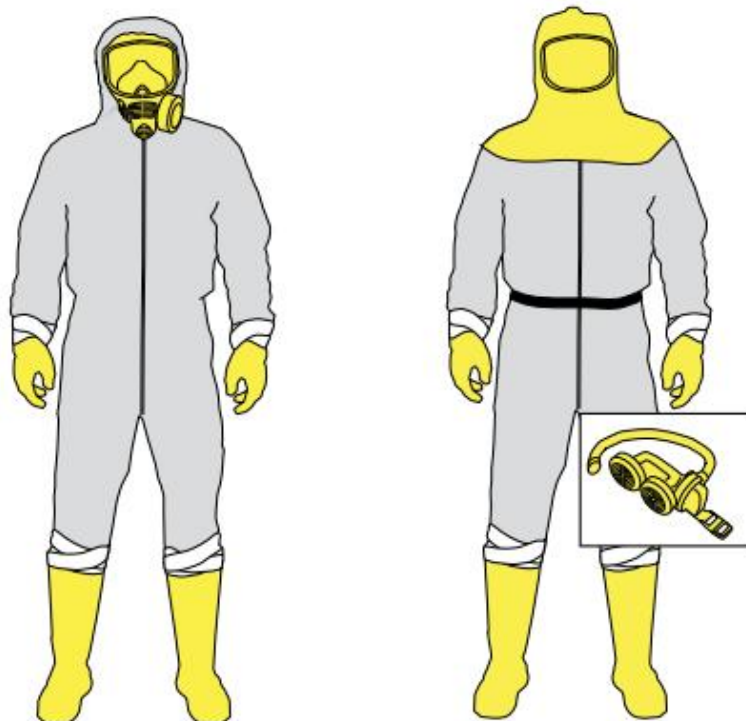
Osastointi on PAH-yhdistepitoisten rakennusmateriaalien purkutyön päämenetelmä. PAH-yhdisteitä sisältävän pölyn leviäminen estetään osaston alipaineistuksen avulla. Alipaineistuslaitteisto mitoitetaan poistamaan vähintään kymmenenkertainen ilmamäärä osastoidun tilan tilavuuteen nähden. Osastointia suositellaan käytettäväksi silloin, kun PAH-yhdistepitoisella materiaalilla on riski levitä hiukkas- tai kaasumaisina epäpuhtauksina ympäristöön tai rakennuksen muihin osiin. [Rakennustieto 2011a]

PAH-yhdistepitoinen purkujäte pakataan esimerkiksi muovisiin (polyeteeni) jätessäkkeihin sitä mukaan kun jätettä syntyy. Jäteastiat suljetaan ilmatiiviisti ja merkitään selvästi kyseessä olevan PAH-yhdistepitoista sekä terveydelle haitallista jätettä. PAH-jätettä sisältäviä jätessäkkejä ei saa varastoida osastoidussa tilassa työvuoroa pitempää aikaa, sillä haihtuvat PAH-yhdisteet voivat suodattua muovin läpi ympäröivään ilmaan. [Rakennustieto 2011a]

Ulkotiloissa purettaessa PAH-yhdistepitoisia rakennusmateriaaleja noudatetaan samoja suojautumis-, purku-, ja jätteenkäsittelyohjeita kuin sisätiloissa lukuun ottamatta alipaineistettua osastointia. Ilman osastointia tulee kiinnittää erityistä huomiota hiukkas- tai kaasumaisien haitta-aineiden ympäristöön leviämisen estämiseksi. [Rakennustieto 2011a]

PAH-yhdisteitä sisältävän rakennusmateriaalin purkutyössä tulee kiinnittää erityistä huomiota henkilökohtaiseen suojaruukukseen. PAH-yhdisteille altistutaan kosketuksen ja hengityksen kautta. PAH-yhdisteet voivat läpäistä kaasumaisina partikkeleina joitakin muoveja. Rakennustietosäätiö suosittelee PAH-yhdistepitoisten rakennusmateriaalien purkuun moottoroitua koko- tai puolinaamaria tai eristävää naamaria (kuva 12). Kuvassa on vasemmalla lyhytkestoiseen työskentelyyn (<2 h) suositeltu suojapuku ja oikealla normaalikestoiseen työskentelyyn. [Rakennustieto 2011a]

Henkilökohtainen suojaruukustus



Kuva 12. PAH-yhdistepitoisen rakennusmateriaalin purkuun ohjeistettu henkilökohtainen varustus. [Rakennustieto 2011a]

6.4. PCB- ja lyijypitoiset saumausmassat

PCB- ja lyijypitoiset saumausmassat puretaan erikseen yleensä ennen muita purkutöitä. Purettavan rakenteen ympäristö suojataan tarpeiden mukaan purkujätteen aiheuttamalta vauriolta ja likaantumiselta. Suojauksen on hyvä kattaa ainakin katu, maaperä, istutukset ja lasten leikkipaikat. Lisäksi rakennuksen ikkunat, tuuletusaukot ja ovet tulee teipata ilmatiiviiksi. [Rakennustieto 2011b]



Kuva 13. Saumausmassan purkamista veitsen tai kohdepoistolla varustetun kulmahiomakoneen avulla. [Rakennustieto 2011b]

Saumausmassa suositellaan poistettavan puukolla tai kulmahiomakoneella käyttäen kohdepoistoa (kuva 13). Kulmahiomakoneella tehtävään saumausmassojen purkutyöhön tarvitaan kohdepoistolla varustettuja työkaluja. Kuva 13 Kohdepoiston lisäksi pölyn leviäminen estetään suojapeitteillä. [Rakennustieto 2011b]

Ilmanvaihto suunnitellaan siten, että ilmavirta kulkee aina puhtaasta tilasta likaisempaan päin. Näin estetään puhtaiden tilojen likaantuminen. Alipaineistusta voidaan käyttää, kun halutaan varmistaa, että haitta-ainepitoinen pöly ei kulkeudu esimerkiksi käytössä oleviin tiloihin. [Rakennustieto 2011b]

PCB- tai lyijypitoisia saumausmassoja purettaessa edetään ylhäältä alaspäin. Purkamisen aikana muiden työntekijöiden liikkuminen työalueella sekä sen alapuolella tulee estää. [Rakennustieto 2011b]

Vanha saumausmassa ja pohjatäytenauha irrotetaan mahdollisimman täydellisesti alustastaan ja pakataan välittömästi tarkoituksenmukaiseen jätessäkkiin tai muuhun tarkoitukseen sopivaan ilmatiiviisti suljettavaan jätetastiaan. [Rakennustieto 2011b]

Saumausmassan jäänteet poistetaan ja tartuntapinnat hiotaan kulmahiomakoneella puhtaiksi. Pinnat puhdistetaan hionnan jälkeen imuroimalla irtonainen hiomapöly. Tartuntapintojen hiontaa ei ole välttämätöntä ohjeiden mukaan tehdä kaikissa tapauksessa. Saumausmassojen PCB-yhdisteet imeytyvät kosketuksen kautta muihin rakennusmateriaaleihin. PCB-yhdisteet ovat voineet imeytyä vanhasta saumasta kiinnitysmateriaaliin (esimerkiksi betoni tai puu) ja sen kautta uuteen saumaan, jos tartuntapintoja ei ole puhdistettu huolellisesti. Imeytymisen takia purkutyössä tulee analysoida myös saumoihin liittyneiden rakennusmateriaalien PCB-pitoisuudet. [Rakennustieto 2011b]

Purkujäte, hiontapöly kertakäyttöiset suojavaatteet ja suojausmateriaalit käsitellään PCB-jätteenä, merkitään vaatimusten mukaan ja kuljetetaan vaarallisen jätteen keräyspisteeseen. [Rakennustieto 2011b]

Rakennustietosäätiö suosittelee PCB- ja lyijysaumojen purkutyöhön samanlaista henkilökohtaista suojavarustusta, kuin PAH-yhdistepitoisten rakennusmateriaalien purkutyössä (kuva 12). [Rakennustieto 2011b]

6.5. Maalit

Purkukohteissa maalit voidaan jättää alustapintoihin ja purkaa pinnat sellaisenaan jolloin pinta ja maali käsitellään yhtenä jätelajina. Vaihtoehtoisesti maali voidaan poistaa pinnasta ja käsitellä omana jätteenä. Maali kannattaa poistaa pinnasta, jos se sisältää suuria pitoisuuksia haitallisia aineita ja on vaarassa tehdä myös alustastaan vaarallista jätettä. Vaarallisen jätteen sekoitus ja laimennuskiellon nojalla vaaralliseksi jätteeksi luokiteltava maali täytyy poistaa alustastaan.

Maali voidaan poistaa hiekkapuhaltamalla, mekaanisesti hiomalla, liuottamalla maalinpoistoaineella, kuumailma- tai nestekuumennuksella ja kaavinnalla. Maalin poisto hiekkapuhaltamalla altistaa puhallettavalle materiaalille ja maalin sisältämille haitta-aineille. Mekaanisessa hionnassa voi altistua maalin sisältämille haitta-aineille.

Kuumailma- ja nestekuumennuksessa sekä kaavinnassa työntekijä voi altistua maalihöyrylle ja -pölylle. Maalinpoistoaineiden liuotinhöyryt ovat terveydelle vaarallisia. [Rakennustieto 2009b]

PCB- tai lyijypitoista tai muita haitallisia aineita sisältävää maalia poistettaessa on suositeltavaa käyttää kohdepoistoa ja alipaineistettua osastointia. Kohdepoistolla voidaan vähentää haitallisen aineen vaikutuksia purkutiloissa ja osastoinnilla voidaan ehkäistä haitallisten aineiden kulkeutumista muihin tiloihin. Henkilökohtaisiksi suojavarusteiksi sopinevat samanlaiset tai vastaavat suojavarusteet, joita Rakennustietosäätiö suosittelee PCB- ja lyijypitoisten saumausmassojen purkamiseen (kuva 12). Purkujäte pakataan jätteen vaaraominaisuuksille sopivaan jätessäkkiin tai muuhun jätteelle sopivaan ja ilmatiiviisti suljettavaan jäteastiaan. Jäteastioihin merkitään jätteen vaarallinen aine ja ilmoitetaan jätteen olevan vaarallista terveydelle ja ympäristölle.

7. Haitta-ainepitoisen jätteen lajittelu purkutyömaalla

Tässä kappaleessa tutustutaan vaarallisen jätteen lajitteluun ja määräyksiin sekä jäteastioihin. Hyvällä jätelajittelulla helpotetaan jätteen käsittelyä, mahdollistetaan kierrätys ja ehkäistään vaarallisen jätteen syntymistä.

7.1. Jätelajittelu

Rakentaminen ja purkaminen tulisi ensisijaisesti suunnitella niin, että jätettä kertyy mahdollisimman vähän ja se olisi mahdollisimman haitatonta. Käyttökelpoiset esineet ja aineet tulisi ottaa talteen. Jätteen erilliskeräys ja jätelajittelu tulee suunnitella niin, että voidaan uudelleenkäyttää tai muulla tavalla kierrättää tai hyödyntää kerättyä jätettä. [Valtioneuvosto 2012] Usein tämä tarkoittaa kaikkien mahdollisten jakeiden keräystä erilleen. "Rakennus- ja purkujätteen erilliskeräys on järjestettävä ainakin seuraaville jätelajeille:

- 1) betoni-, tiili-, kivennäislaatta- ja keramiikkajätteet;
- 2) kipsipohjaiset jätteet;
- 3) kyllästämättömät puujätteet;
- 4) metallijätteet;
- 5) lasijätteet;
- 6) muovijätteet;
- 7) paperi- ja kartonkijätteet;
- 8) maa- ja kiviainesjätteet." [Valtioneuvosto 2012]

Edellisten lisäksi erilliskeräys pitää järjestää kaikille vaarallisille jätteille ainakin jäteluokkien mukaan. Vähintään seuraaville vaarallisille jätteille pitää järjestää erilliskeräys, mikäli niitä on haitta-ainetutkimuksessa löydetty tai epäillään sijaitsevan kohteen rakenteissa:

08 01 17*	Maalin- tai lakanpoistossa syntyvät jätteet, jotka sisältävät orgaanisia liuottimia tai muita vaarallisia aineita
16 02 15*	sähkö- ja elektroniikkalaitteista ja muista laitteista poistetut vaaralliset osat
16 02 09*	PCB:tä sisältävät muuntajat ja kondensaattorit
16 02 10*	muut kuin nimikkeessä 16 02 09 mainitut, PCB:tä sisältävät tai niiden saastuttamat käytöstä poistetut sähkö- ja elektroniikkalaitteet

17 01 06*	betonin, tiilien, laattojen ja keramiikan seokset tai lajitellut jakeet, jotka sisältävät vaarallisia aineita
17 02 04*	lasi, muovi ja puu, jotka sisältävät vaarallisia aineita tai ovat niiden saastuttamia
17 03 01*	kivihiilitervaa sisältävät bitumiseokset
17 03 03*	kivihiiliterva ja -tervatuotteet
17 04 09*	metallijätteet, jotka ovat vaarallisten aineiden saastuttamia
17 04 10*	öljyä, kivihiilitervaa tai muita vaarallisia aineita sisältävät kaapelit
17 05 03*	maa- ja kiviainekset, jotka sisältävät vaarallisia aineita
17 05 05*	ruoppausmassat, jotka sisältävät vaarallisia aineita
17 05 07*	ratapenkereiden sorapäällysteet, jotka sisältävät vaarallisia aineita
17 06 01*	asbestia sisältävät eristysaineet
17 06 03*	muut eristysaineet, jotka koostuvat vaarallisista aineista tai sisältävät niitä
17 06 05*	asbestia sisältävät rakennusaineet
17 08 01*	kipsipohjaiset rakennusaineet, jotka ovat vaarallisten aineiden saastuttamia
17 09 01*	rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet, jotka sisältävät elohopeaa
17 09 02*	rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet, jotka sisältävät PCB:tä (kuten PCB:tä sisältävät tiivistysmassat, PCB:tä sisältävät hartsipohjaiset lattiapäällysteet, PCB:tä sisältävät umpiolasit ja PCB:tä sisältävät muuntajat)
17 09 03*	muut rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet (sekalaiset jätteet mukaan luettuna), jotka sisältävät vaarallisia aineita

Vaarallisiksi jätteiksi luokiteltavia haitta-ainepitoisia materiaaleja ei saa laimentaa tai sekoittaa keskenään [FINLEX 179/2012], joten haitta-ainepitoiset jätteet tulee aina lajitella jäteluokkiensa mukaan (liite 4). Jos jäte sisältää kahta eri haitta-ainetta, tulee se lajitella kummankin jätelajin mukaan.

Haitta-ainepitoisen jätteen lajitteluvaiheessa on tärkeää valita sopivat keräysastiat. Keräysastian tulee vähimmäisvaatimuksena kestää aineen normaalin varastoinnin. Pölyävässä, haihtuvassa ja nestemäisessä haitta-aineessa on tärkeää, jotta haitalliset aineet eivät pääse ulos astiastaan. Oikeanlaisen keräysastian valinnalla voit myös kuljettaa jätteen kyseisessä astiassa eteenpäin. Näin säästyt haitallisen aineen siirtelystä astiasta toiseen. Astioihin on myös hyvä merkitä niiden tuleva tai senhetkinen sisältö, ettei jätteestä muodostu vaaraa ympärillä oleville henkilöille tai ympäristölle. [Heinonen 2000]

Henkilökohtaisen turvallisuutesi ja jätteen käsittelyprosessien vuoksi pidä seuraavat aineet ehdottomasti erillään toisistaan ja muista jätteistä:

- 1) elohopea
- 2) syanidi
- 3) jodi ja bromi
- 4) kalium ja natrium sekä
- 5) tunnistamattomat jätteet. [Heinonen 2000]

7.2. Jäteastiat

Jäteastioiden valinnalla voi olla suuri merkitys työn laadun ja helppouden kannalta. Jäteastiat tulee valita tarkasti. Jäteastian on hyvä soveltua myös jätteen kuljetukseen purkutyömaalta eteenpäin, jotta voidaan välttyä jätteen siirtämisestä astiasta toiseen. Jäteastioiden täytyy myös sopia vaarallisten jätteen vaaraominaisuuksille. PAH- ja PCB yhdisteet eivät saa heikentää merkittävästi ilmanlaatua, asbestijäte ei saa pölyntyä, nestemäisen jätteen tulee pysyä astiassaan, jotta se ei vaaranna luontoa tai terveyttä. Kuusakoski Oy:n jäteastiamallistosta (kuva 14) löytyy jäteastioita useisiin eri tarpeisiin. [Heinonen 2000]



Kuva 14. Jäteastioita erilaisiin tarpeisiin. [Kuusakoski Oy]

Vaarallisen jätteen pakkauksen täytyy kestää käytöstä, siirrosta ja säilytyksestä aiheutuva mekaaninen ja ympäristöllinen rasitus. Pakkaus täytyy pystyä sulkemaan uudelleen tiiviisti. Pakkauksen, tai sen sulkimen materiaalit eivät saa reagoida säilytettävän vaarallisen jätteen kanssa siten, että se voisi olla vaarallista tai haitallista terveydelle tai ympäristölle. [Heinonen 2000]

Vaarallista jätettä kerättävään pakkaukseen tulee merkitä mitä jätettä se sisältää, jätteen haltijan nimi sekä tarpeelliset tiedot ja varoitukset turvallisuuden ja jätehuollon järjestämisen kannalta. Jos jätteen koostumusta ei saada selville, tulee pakkauksessa olla merkintä siitä. [Valtioneuvosto 2012]

8. Kuljetus loppukohteeseen

Vaarallisen jätteen kuljetuksessa tulee kiinnittää huomiota terveys- ja ympäristövaikutuksiin. Vaarallisesta jätteestä tulee täyttää siirtoasiakirja, jonka pitää kulkea jätteen mukana. [Valtioneuvosto 2011]

Vaaralliset jätteet tulee toimittaa asianmukaiseen ja luvanvaraiseen vastaanotto- tai käsittelypaikkaan. Vaarallisesta jätteestä ja sen vaaraominaisuuksista tulee antaa perusteelliset tiedot käsittely- tai kuljetustilasta tehdessäsi. Vastuusi vaarallisesta jätteestä päättyy, kun toimitat jätteen mukana tarvittavat tiedot ja luovutat ne kerääjälle tai käsittelijälle, jolla on ympäristölupa. [Valtioneuvosto 2011]

Vaarallisen jätteen lähettäjä on vastuussa kuljetuksen suorittajan valinnasta. Vaarallisia jätteitä ammatikseen keräävällä yrityksellä tulee olla ympäristölupa. Jätteen lähettäjä vastaa myös vaarallisten aineiden kuljetukseen tarvittavien asiakirjojen oikeellisuudesta. [Valtioneuvosto 2011]

Jätettä saa luovuttaa jätelain (29 § 646/2011) mukaan jätehuoltorekisteriin kuuluville sekä ympäristöluvan omaaville tahoille, joilla on lupa ottaa vastaan kyseistä jätettä. Jätteen haltijan vastuu jätehuollon järjestämisestä siirtyy uudelle haltijalle, kun jäte luovutetaan edellä mainituin tavoin eteenpäin. [Valtioneuvosto 2011]

8.1. Siirtoasiakirja

Siirtoasiakirjan tarkoitus on turvata ja varmistaa tiettyjen jätteiden oikeanlainen siirtäminen ja päätyminen oikeanlaiseen käsittelyyn. Siirtoasiakirjan avulla voidaan myös seurata jätteiden kuljetuksia.

Jätelain 179/2012 mukaan siirtoasiakirja tulee tehdä vaarallisille jätteille (liite 5) sekä rakennus- ja purkujätteille (liite 6), poislukien maa- ja kiviainekset sekä ruoppausmassat jotka eivät sisällä vaarallisia aineita. Siirtoasiakirjaa ei vaadita tuotantolaitoksen sisäisissä siirroissa. [Valtioneuvosto 2012]

Siirtoasiakirjassa on oltava seuraavat tiedot:

- 1) jätteen tuottajan tai muun jätteen haltijan, kuljettajan ja vastaanottajan nimi ja yhteystiedot;

- 2) jätteen siirron ajankohta sekä alkamis- ja päättymispaikka;
- 3) jäteluettelon mukainen jätteen nimike sekä kuvaus jätelajista;
- 4) jätteen määrä;
- 5) jätteen haltijan vahvistus annettujen tietojen oikeellisuudesta;
- 6) jätteen siirron päätyttyä jätteen vastaanottajan vahvistus jätteen vastaanotosta mukaan lukien tiedot vastaanotetun jätteen määrästä. [Valtioneuvosto 2012]

Vaarallisen jätteen siirtoa koskevassa siirtoasiakirjassa on oltava lisäksi seuraavat tiedot:

- 1) jätteen koostumus, olomuoto ja komission asetuksen N:o 1357/2014 mukaiset pääasialliset vaaraominaisuudet;
- 2) jätteen pakkaus- ja kuljetustapa;
- 3) jätteen käsittelytapa. [Valtioneuvosto 2012]

Jätteen haltijan ja vastaanottajan vahvistus voi olla siirtoasiakirjaan tehty nimikirjoitus tai sähköinen allekirjoitus luovutuksen tai vastaanoton yhteydessä. Siirtoasian allekirjoittamisen ollessa mahdotonta, voidaan vahvistus tehdä muulla tavalla, jos tämä ei heikennä vahvistuksen luotettavuutta. [Valtioneuvosto 2012]

9. Haitta-ainepitoisen jätteen puhdistaminen, loppusijoitus, tuhoaminen tai hyödyntäminen

Kunnat ovat jätelain (646/2011) mukaan velvollisia järjestämään vastaanoton asumisesta sekä maa- ja metsätaloudesta tuleville vaarallisille jätteille, mikäli jätemäärät ovat kohtuullisia. Teollisuudessa syntyvien vaarallisten jätteiden jätehuollon järjestäminen on ensisijaisesti jätteen haltijan velvollisuus. [Valtioneuvosto 2011]

Raudaton betonimurske, minkä raekoko on alle 150 mm, luokitellaan maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen mukaan maa- ja kiviainekseksi. Oikealla tavalla käsitelty betonimurske on MTT:n mukaan jopa parempi materiaali kuin kalliomurske. [MTT, 2010]

9.1. Materiaalihyödyntäminen

Haitta-ainepitoisen jätteen materiaalihyödyntäminen on hyvin haastavaa. Haitta-aineet ovat vaarallisia terveydelle, ympäristölle tai molemmille, joten niiden hyödyntämiseen materiaalina vaaditaan lähes poikkeuksetta puhdistamista. Haitta-aineista puhdistettua materiaalia voidaan hyödyntää materiaalina. Esimerkiksi kompostoitua, öljyhiilivedyillä pilaantunutta, maa-ainesta voidaan hyödyntää maanrakentamisessa. Puhdistetun materiaalin sopivuus uusiokäyttöön tulee varmistaa laboratoriokokein ennen hyödyntämistä. [Rossi 2013]

9.2. Loppusijoitus

Jätteen loppusijoittamiseen kuuluu jätteen sijoittaminen kaatopaikalle ja jätteen sijoittaminen kaivokseen. Loppusijoitus voidaan tehdä jätteelle, jota ei voi muuten hyödyntää, tai jonka hyödyntäminen ei ole kannattavaa joko taloudellisesti tai ympäristön kannalta. Haitta-aineet jotka eivät ole haitallisia ympäristölle, voidaan sijoittaa ympäristöön lopullisesti sellaisenaan. Mikäli materiaalilla on ominaisuus, jonka takia se voi olla ympäristölle vaarallinen, tulee materiaali eristää sijoitettavasta ympäristöstä joko kemiallisesti tai fyysisesti ympäristövaikutusten poistamiseksi. Kemiallinen eristäminen voidaan tehdä esimerkiksi yhdistämällä haitallinen aine stabiiliksi yhdisteeksi, jolloin haitallinen materiaali ei voi reagoida maa-aineksen

kanssa. Fyysinen eristäminen tapahtuu sijoittamalla haitallinen aine koteloon, mistä se ei pysty vaikuttamaan ympäristöön.

9.3. Stabilointi

Stabiloinnissa haitallisten aineiden liikkuminen tai imeytyminen estetään stabiloimalla ne kemiallisesti kiinteään aineeseen. Massa tiivistetään vielä fysikaalisesti, niin ettei se läpäise vettä. Stabiloituja maamassoja voidaan käyttää uudelleen esimerkiksi erilaisissa kenttärakenteissa kantavina rakenteina. Menetelmä sopii PAH-yhdisteillä, öljyllä, epäorgaanisilla haitta-aineilla, kuten raskasmetalleilla ja suoloilla pilaantuneiden maiden puhdistamiseen. Stabiloinnin käsittelykustannukset ovat noin 30-80 € / tonni [Teknillinen Geologia]. Stabilointi voidaan tehdä siirrettävän laitteiston avulla kohteessa. Stabilointi sopii niin maa-ainekselle, kuin purettavan rakennuksen haitta-ainepitoiselle betonille. [Ekokem 2014]

9.4. Huokosilmäkäsittely

Huokosilmatekniikalla (kuva 15) voidaan alipaineen avulla poistaa haihtuvia haitta-aineita huokoisesta maaperästä tai kaivetusta. Tekniikan edellytyksenä on, että ilma pääsee liikkumaan parannettavan maan huokostilassa. Haitta-aineiden tulee olla puhdistusolosuhteissa helposti haihtuvia. Menetelmä on ollut menestyksenkäs bensiinin ja kloorattujen liuottimien pilaamissa kohteissa. Haitta-ainepitoiset huokoskaasut voidaan puhdistaa aktiivihiilisuodatuksella tai polttamalla haitalliset yhdisteet katalyyttisesti.



Kuva 15. Huokosilmäkäsittelyä pilaantuneelle maaperälle. [Ekokem 2014]

Huokosilmakäsittely soveltuu paikan päällä maa-aineksen käsittelyyn. Purettujen rakennusten käsittelyyn menetelmää ei ole helppo soveltaa. [Ekokem 2014]

9.5. Jätteenpoltto

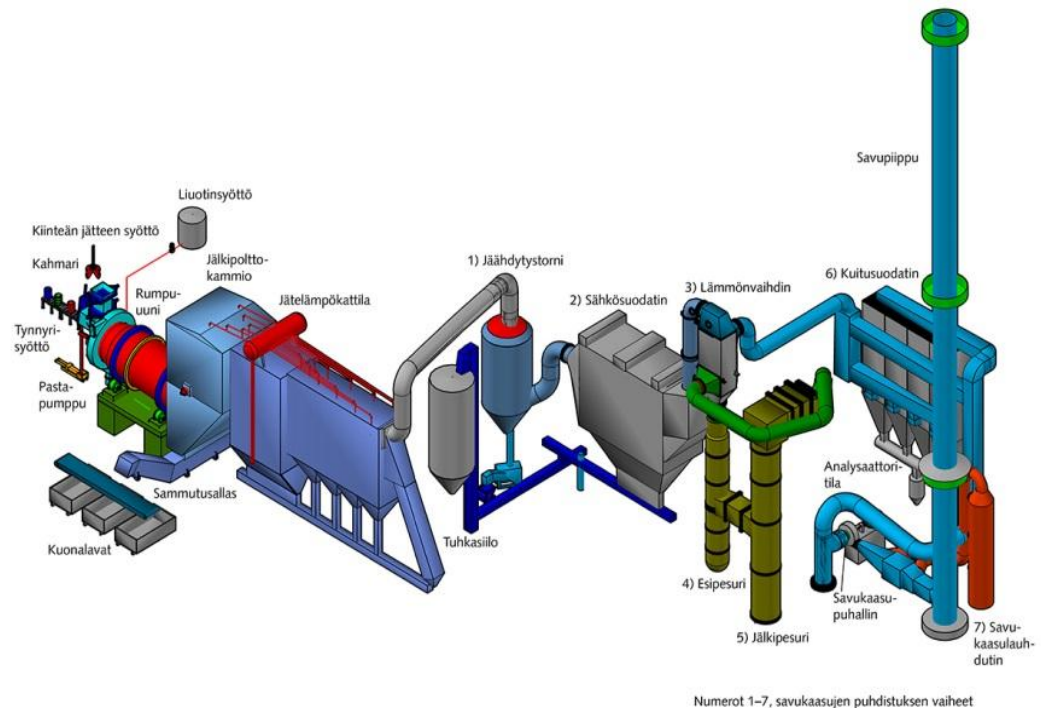
Öljyjätettä ei saa polttaa 5 MW:n tai pienemmässä jätteenpolttolaitoksessa tai jätteen rinnakkaispolttolaitoksessa. Jätteenpolttolaitoksen on kirjattava jätteenpolttamista vaadittavat tiedot. Lisäksi vaarallisen jätteen polttamisessa on oltava tiedot jätteen fysikaalisista ominaisuuksista ja mahdollisuuksien mukaan kemiallisesta koostumuksesta. Lisäksi tarvitaan tiedot jätteen soveltumisesta polttamiseen suunnitellussa prosessissa. Tiedot tulee olla myös jätteen vaarallisista ominaisuuksista sekä aineista joiden kanssa sitä ei saa sekoittaa sekä muista varotoimista jätettä käsiteltäessä. [Valtioneuvosto 2012, 2013]

Vaarallisen jätteen vastaanotto jätteenpolttolaitoksella edellyttää, että jätteen mukana oleva, tarvittavat tiedot sisältävä, siirtoasiakirja tarkistetaan. Lisäksi jätteestä tulee ottaa tarpeelliset ja edustavat näytteet mahdollisuuksien mukaan ennen jäte-erän purkamista. Näytteet otetaan tietojen tarkastamiseksi ja poltettavan laadun varmistamiseksi. Näytteet tulee säilyttää vähintään yhden kuukauden ajan jäte-erän polttamisesta. [Valtioneuvosto 2012, 2013]

Termisellä desorptiolla voidaan käsitellä polttoainepitoisia maamassoja. Termisessä desorptiossa haitta-aineet ensin höyrystetään alle 500 °C lämpötilassa ja sen jälkeen poltetaan noin 1000 °C lämpötilassa. [Heinonen 2000]

Ekokemin käyttämä massapoltto sopii voitelu- ja polttoöljyillä tai kloorifenoleilla saastuneiden maamassojen käsittelyyn. Massapoltoissa höyrystyminen tapahtuu 500–850 °C lämpötilassa ja poltto 1100 °C lämpötilassa. Massapolton kustannukset ovat noin 100 € / tonni [Teknillinen Geologia]. [Heinonen 2000]

Tehopoltto (kuva 16) yli 1300 °C lämpötilassa on Heinosen Ongelmajäteoppaan (2000), mukaan nopein ja turvallisin tapa. Lisäksi se on ainoa tapa, joka sopii vaikeasti pilaantuneille maamassoille. Tehopoltossa orgaaniset aineet hajoavat täysin. Tehopoltto sopii dioksiineille, furaaneille, PCB-yhdisteille ja orgaanisille torjunta-aineille. [Heinonen 2000]



Kuva 16. Tehopolton kaaviokuva. [Ekokem 2014]

Lisäksi lopputuotteena syntyvä kuona on liukenematonta ja reagoimatonta, eli sitä voidaan käyttää maanrakennusaineena esimerkiksi kaatopaikkojen täytemaana. Tehopoltossa raskasmetallit sulavat kiinteäksi liukenemattomaksi kuonaksi. Poistoteho on yli 99.99 % vaarallisille jätteille. Poistokaasut vaativat korkealuokkaista puhdistustekniikkaa. Tehopolton kustannukset ovat noin 400 € / tonni [Teknillinen Geologia]. [Heinonen 2000]

Vaarallisten jätteiden poltossa syntyneet tuhkat voidaan käsitellä stabiloimalla ne sementillä ja sen jälkeen loppusijoittamalla vaarallisen jätteen kaatopaikalle. Tuhkat voidaan myös pestä, jotta saavutettaisiin vaadittavat kaatopaikkakelpoisuuden kriteerit. [Takainen, H. 2013]

9.6. Kompostointi

Pääasiassa öljyhiilivedyllä pilaantuneet maa-ainekset käsitellään kompostoimalla. Kompostoinnissa pilaantunut materiaali laitetaan bioreaktoriin tai kompostointiaumaan. Kompostoitavaan massaun voidaan sekoittaa kuohkeuttavia aineita hapen saannin lisäämiseksi. Kuohkeuttavana aineena voidaan käyttää mm. puun kuorta. Hapen saantia voidaan parantaa lisäksi kääntelemällä aumat säännöllisesti sekä lisäämällä kompostiin ilmastointiputkia, joiden avulla kompostia voidaan lämmittää. Haihtuvimmat yhdisteet hajoavat aumoissa noin 2-4 viikossa. Tavanomainen aumakompostointi voi kestää ulkona Suomen oloissa usein vuosia. [Männynsalo 2009, Forsbacka 1996]

Kompostoinnin kustannustehokkuus on merkittävin etu muihin menetelmiin nähden. Kompostointia voidaan pitää yleismenetelmänä useimpien orgaanisten yhdisteiden hajottamiseen. Haasteellisena menetelmässä on sen vaatima pitkä käsittelyaika ja riippuvuus sääolosuhteista. Aumakompostointi soveltuu hyvin helposti hajoaville öljyhiilivedyille, kuten poltto- ja voiteluaineilla, kreosoottiöljylle ja kloorifenoleille. Kompostoinnissa maaperän mikrobit hajottavat tai haitta-aineet usein täydellisesti. Täydellisen hajoamisen jälkeen haitta-aineiden hajoamis- ja metaboliatuotteet eivät aiheuta uutta riskiä ympäristölle. Esimerkiksi polttamisessa haitta-aineiden riskit voivat siirtyä maaperäisistä vaikutuksista ilmastoon. Kompostointi on kustannuksiltaan usein edullisempi vaihtoehto polttoon, stabilointiin tai fysikaalis-kemiallisiin menetelmiin verrattuna. [Männynsalo 2009, Forsbacka 1996]

10. Jätteeksi luokittelun päättyminen

Jätteeksi luokittelun päättyminen tai end-of-waste (EoW) tarkoittaa sitä, kun tietyt jätteet lakkaavat olemasta jätettä. Jätteen tulee läpikäydä hyödyntäminen tai kierrätys ja sen tulee olla turvallinen ja tarpeellinen tuote, ennen kuin sitä voidaan lakata pitämästä jätteenä. Jätteen tulee myös täyttää seuraavat Euroopan Unionin jätedirektiivin [2008/98/EY] 6. artiklan arviointiperusteet:

- a) ainetta tai esinettä käytetään yleisesti tiettyihin tarkoituksiin;
- b) aineelle tai esineelle on olemassa markkinat tai kysyntää;
- c) aine tai esine täyttää tiettyjen tarkoitusten mukaiset tekniset vaatimukset ja on tuotteisiin sovellettavien olemassa olevien säännösten ja standardien mukainen; ja
- d) aineen tai esineen käytöstä ei aiheudu haitallisia kokonaisvaikutuksia ympäristölle eikä ihmisten terveydelle. [Euroopan komissio 2008]

Näihin perusteisiin sisältyy tarvittaessa epäpuhtauksien raja-arvoja. Raja-arvoilla huomioidaan aineen tai esineen mahdolliset haitalliset vaikutukset ympäristölle. Jätteeksi luokittelun päättymistä koskevia arviointiperusteita voitaisiin EU direktiivin mukaan harkita ainakin kiviainekselle, paperille, lasille, metallille, renkaille ja tekstiileille. [Euroopan komissio 2008]

EoW-kriteerit on määritelty rauta-, teräs- ja alumiiniromulle, lasimurskalle sekä kupariromulle. Euroopan komissio valmistelee parhaillaan kriteerejä myös paperille, muoville ja kompostituotteille. Tekeillä on myös kriteerit rakennusjätteelle. [Ympäristöministeriö 2013]

Haitallisia aineita sisältävälle rakennusmateriaalille EoW-kriteerit tarkoittavat, että materiaali pitää ensin tehdä turvalliseksi. Turvalliseksi materiaali voidaan tehdä joko poistamalla siitä haitalliset aineet, sitomalla ne kemiallisesti stabiileihin muotoihin tai estämällä niiden kulkeutuminen ympäristöön fyysisesti. [Euroopan komissio 2008]

11. Case – omakotitalon purkaminen

Tässä kappaleessa tutustumme omakotitalon purkuprosessiin. Prosessi alkaa haitta-ainetutkimuksella, jonka jälkeen tehdään purkusuunnitelma. Tapauksessa selvitetään lähinnä haitallisten aineiden vaikutusta prosessiin. Prosessissa tutkitaan haitta-ainekartoitusta, näytteiden ottamista ja analysointia sekä jätteenkäsittelyä. Lisäksi tutkimuksessa kartoitettiin hieman jätteenkäsittelyn kustannuksia suurimmille kohteesta löydettyille haitta-ainepitoisille jäte-erille.

11.1. Kohteen kuvaus

Kohde on pääkaupunkiseudulla sijaitseva vuonna 1950 rakennettu omakotitalo. Rakennuksessa on kaksi maanpäällistä kerrosta sekä kellarikerros. Rakennus on puurunkoinen. Alapohja ja sokkeli ovat betonia. Vesikate- ja julkisivumateriaalina on kuitusementtilevy.

11.2. Käytetyt menetelmät

Haitta-ainetutkimus tehtiin RT-20-11160 mukaan. Visuaalisen tarkastuksen avulla päätettiin näytteenottopaikat. Näytteen ottoon käytettiin pääosin puukkoa ja vasaraa. Maalinäytteet irrotettiin maalihöylän (kuva 17) avulla alustabetonista ja betoninäytteet porattiin alapohjasta timanttioralla (kuva 18).



Kuva 17. Maalihöylä.

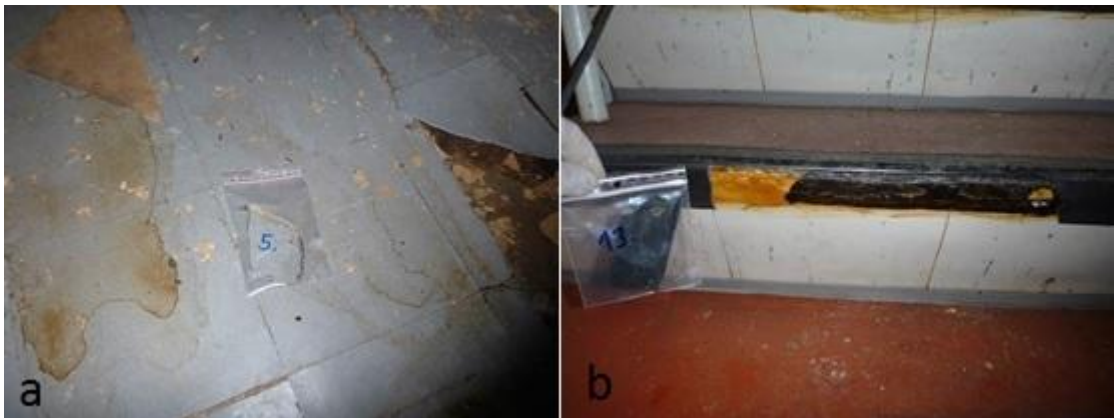
Muovimatoista, vinyylilaatoista sekä niiden kiinnitysliimoista otetut asbestinäytteet analysoitiin elektronimikroskoopilla. Muista materiaaleista otetut näytteet analysoitiin polarisaatiomikroskoopilla. PAH(16)-yhdisteanalyysi tervapaperista tehtiin GC-MS-tekniikalla. PCB(7)-yhdisteanalyysi maalinäytteestä tehtiin GC-ECD-tekniikalla. Mineraaliöljyt alapohjan betoninäytteestä analysoitiin HS-GC-MS-, GC-FID- ja GC-MS-laitteistoilla.



Kuva 18. Timanttipora. [Ramirent]

11.3. Haitta-aineita sisältävät materiaalit

Rakennuksen lattiat ovat suurelta osin päällystetty harmaalla 250 mm x 250 mm vinyylilaatalla (kuva 19), jotka ovat kiinnitetty mustalla liimalla [Nieminen, 2014]. Harmaa vinyylilaatta, sekä sen musta kiinnitysliima sisältävät molemmat asbestia.



Kuva 19. (a) Harmaa vinyylilaatta sekä musta kiinnitysliima (taulukko 4, kohta 1) ja (b) jalkalistan musta kiinnitysliima (taulukko 4, kohta 2). [Nieminen, 2014]

Rakennuksessa oli myös muun värisiä vinyylilaattoja, jotka kaikki sisälsivät asbestia. Vinyylilaatat sekä kiinnitykseen käytetty musta liima sisälsivät krysotiiliä ja antofylliittiä. Kellariin johtavissa portaissa on musta muovinen jalkalista (kuva 19) joka on kiinnitetty osittain mustalla liimalla. Kiinnitykseen käytetty musta liima sisältää antofylliittiä.

Suuri osa rakennuksen sisäseinistä sekä koko julkisivu on päällystetty asbestipitoisella kuitusementtilevyllä (kuva 20). Sisäseinien ja julkisivun kuitusementtilevyjen sisältämä asbesti on antofylliitti.



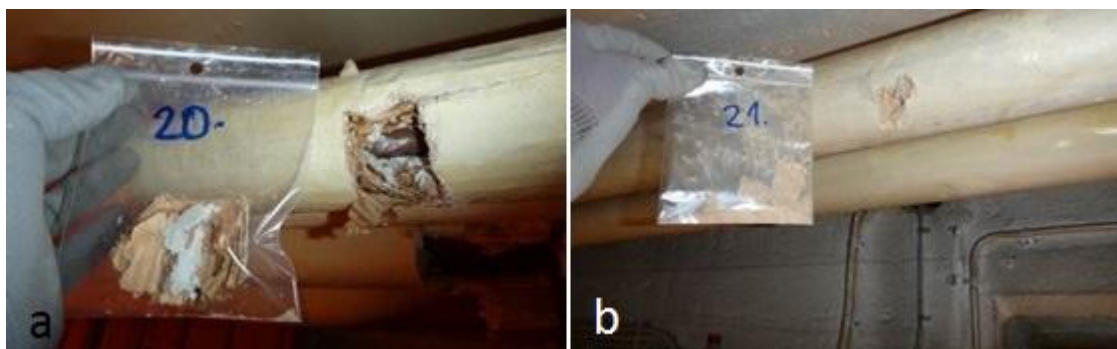
Kuva 20. (a) Sisäseinien levytykseen käytetty kuitusementtilevy (taulukko 4, kohta 3) ja (b) julkisivun kuitusementtilevy (taulukko 4, kohta 4). [Nieminen, 2014]

Rakennuksen vesikate on aaltomaista asbestipitoista kuitusementtilevyä (kuva 21). Vesikatteen alapuolella on rakennuksen näyttelytilan kohdalla asbestipitoinen kuitusementtilevy (kuva 21). Vesikatteen aaltomainen kuitusementtilevy sisältää krysotiiliasbestia ja vesikaton alapuolinen kuitusementtilevy sisältää antofylliittia.



Kuva 21. (a) Vesikattona toimiva kuitusementtilevy (taulukko 4, kohta 5) ja (b) vesikaton aaltomaisen kuitusementtilevyn alapuolella oleva kuitusementtilevy. [Nieminen, 2014]

Kohteessa on useita erilaisia putkieristeitä, joista kahdenlaiset ovat asbestipitoisia. Toisissa on aaltopahviset putkieristeet, joiden putkea vasten oleva vaalea pahvi sekä pinnan silokemassa sisältävät asbestia (kuva 22). Osassa putkista on käytetty eristeenä asbestia sisältävää massaa (kuva 22). Yläpohjassa sijaitseva IV-kanava on rakennettu asbestipitoisesta kuitusementtilevystä (kuva 23).



Kuva 22. (a) Putkieriste, jossa on asbestipitoista massasilokettä sekä putkea vasten asbestipitoinen pahvi (taulukko 4, kohta 6) ja (b) asbestipitoista massaa sisältävä putkieriste (taulukko 4, kohta 6). [Nieminen, 2014]

Kohteen ulkoseinärakenteessa on käytetty tervapahvia (kuva 23). Tervapahvin PAH(16)-pitoisuus on noin 1600 mg/kg. Kohteessa oli muitakin materiaaleja, joissa oli pieniä PAH(16)-pitoisuuksia. Muiden PAH(16)-analysoitujen materiaalien pitoisuudet olivat alle 40 mg/kg, joten niiden purkaminen tai jätekäsittely ei vaadi erityisiä toimenpiteitä.



Kuva 23. (a) Kuitusementtilevyllä suojattu IV-kanava (taulukko 4, kohta 7) ja (b) ulkoseinärakenteen PAH-yhdistepitoinen tervapahvi (taulukko 4, kohta 8). [Nieminen, 2014]

Kellarin harmaan lattiamaalin (kuva 24) PCB(7)-pitoisuus oli kemiallisen tutkimuksen mukaan noin 8 mg/kg. Pitoisuus ei ylitä vaarallisen jätteen raja-arvoa, mutta voi aiheuttaa ongelmia betonin käsittelyssä.

Kellarissa sijaitsevan lämmönjakohuoneen lattiaan (kuva 24) on imeytynyt öljyhiilivetyjä. Mineraaliöljyanalyysin perusteella lattiabetonista otetussa näytteessä oli 7900 mg/kg öljyhiilivetyjä (C₁₀-C₄₀).



Kuva 24. (a) Kellarin lattiamaali (taulukko 4, kohta 9) ja (b) lämmönjakuhuoneen lattiaan on imeytynyt öljyhiilivetyjä (taulukko 4, kohta 10). [Nieminen, 2014]

11.4. Purkutyö ja jätteenkäsittely

Tässä kappaleessa tutustutaan lyhyesti kohteesta löytyneiden materiaalien purkutyöhön ja jätteenkäsittelyyn. Erilaiset rakennusmateriaalit puretaan eri tavalla rakenteista ja niiden sisältämien haitta-aineiden perusteella.

11.4.1. Asbestia sisältävät materiaalit

Asbestia sisältävät rakennusmateriaalit tulee purkaa ennen muiden rakenteiden purkamista, jollei tästä aiheudu purkajille suurempaa vaaraa, kuin asbestin jättäminen paikoilleen.

Julkisivun ja vesikatteen kuitusementtilevyt voidaan poistaa kokonaisina ilman erillistä ilmanvaihtoa. Purettavat materiaalit ovat ulkotiloissa eivätkä ne sisällä krokidoliittia. Purkutyö on kuitenkin asbestipurkutyötä, joten purkutyön suorittajien henkilökohtainen suojaus tulee olla kunnossa.

Rakennuksen putkieristeet, vinyylilaatat ja jalkalistat sekä niiden kiinnitysliimat ja sisäpuoliset kuitusementtilevyt suositellaan poistettavaksi osastointimenetelmällä. Rakenteissa on runsaasti asbestia, joten rakennus voidaan osastoida yhdeksi osastoksi asbestipurkutyötä varten.

Vinyylilaattojen ja jalkalistojen asbestipitoiset kiinnitysliimat täytyy hioa alustasta huolellisesti. Hionnassa on hyvä käyttää pölynsidonta-aineita pölyn leviämisen estämiseksi. Asbestipitoiset liimat hiotaan taustamateriaalista pois, jotta taustamateriaalia ei luokitella asbestipitoiseksi jätteeksi.

Putkieristeiden asbestipitoiset materiaalit kuuluvat jäteluokkaan 17 06 01* (asbestia sisältävät eristysaineet). Muut asbestipitoiset materiaalit kuten vinyylilaatat, kuitusementtilevyt, asbestipitoisen liiman hionnassa sekä osastoinnissa syntyvä jäte kuuluvat jäteluokkaan 17 06 05* (asbestia sisältävät rakennusaineet). Asbestia sisältävät jätteet ovat vaarallista jätettä ja tulee toimittaa vaarallisen jätteen keräyspisteeseen. Asbestipitoiset jätteet sijoitetaan kaatopaikalle omiin kaivantoihin. Asbestille ei ole järkeviä käsittelytapoja, joten ainoaksi vaihtoehdoksi jää loppusijoittaminen.

11.4.2. PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit

Ulkoseinärakenteen tervapaperi sisältää PAH(16)-yhdisteitä noin 1600 mg/kg, joten se suositellaan purettavan haitta-ainepurkuna. Osastointimenetelmä on haitta-ainepurkutyön päämenetelmä, joten tervapaperi voidaan poistaa osastointimenetelmää käyttäen asbestipurun yhteydessä.

Tervapaperi yritetään poistaa mahdollisimman suurina paloina. Tervapahvi ei pölyynny, joten jäte ei leviä hiukkasina. PAH-yhdisteet voivat levitä hengitysilmaan kaasumaisena sekä imeytyvät ihon läpi kosketuksessa. Altistumistavoista johtuen henkilökohtainen suojaus on huomattavan tärkeää PAH-yhdistepitoisen tervapahvin purkamisessa.

Muut rakennuksen PAH-yhdistepitoiset materiaalit eivät vähäisen PAH(16)-yhdistepitoisuuden takia aiheuta erityisiä toimenpiteitä purkamisen tai jätteenkäsittelyn yhteydessä. On kuitenkin suositeltavaa käyttää varmuuden vuoksi henkilökohtaisia suojavälineitä.

PAH-yhdistepitoinen tervapaperi kuuluu jäteluokkaan 17 03 03* (kivihiiliterva ja -tervatuotteet). Tervapaperi tulee toimittaa vaarallisen jätteen keräyspisteeseen. Tervapaperi voidaan käsitellä termisesti, polttamalla se vaarallisen jätteen polttolaitoksessa.

11.4.3. PCB-yhdisteitä sisältävät materiaalit

PCB-yhdisteiden vaarallisen jätteen raja-arvo on 50 mg/kg. Jätteenkäsittelyssä voidaan vaatia erityisiä toimenpiteitä vaikka jäte ei ylitä valtioneuvoston asetuksessa 86/2015

määrättyä vaarallisen jätteen raja-arvoa. Kaatopaikkojen ympäristöluvasta riippuen 8 mg/kg PCB-yhdisteitä sisältävä jäte voidaan ottaa vastaan tavanomaisen jätteen loppusijoitukseen tai vaarallisena jätteenä.

HTP-arvo kahdeksan tunnin työskentelylle PCB:n suhteen on 0,003 mg/m³. Lattian piikkaaminen tai hiominen nostanee ilman pitoisuuden vähintään HTP-arvon tasolle, joten maalinpoisto tai betonin piikkaaminen suositellaan tehtäväksi haitta-ainepurkutyönä piikkaaminen osastointimenetelmällä ja maalinpoisto kohdepoistomenetelmällä.

Maa-aineksen uudelleenkäyttö maanrakentamisessa edellyttää, että PCB(7)-yhdistepitoisuudet ovat alle 1 mg/kg. Kellarin lattiabetonia voidaan mahdollisesti käyttää maanrakentamisessa, jos PCB-yhdistepitoinen maali ensin hiotaan pois. Betonin käyttö maanrakentamisessa tulee kuitenkin tutkia laboratorioanalysein ennen kuin voidaan antaa päätöksiä. Maalipinnan PCB-pitoisuus ei todennäköisesti tulisi nostamaan taustabetonin PCB-pitoisuutta yli uudelleenkäytön raja-arvon, jos nämä purettaisiin yhdessä. Jätelaki kuitenkin kieltää vaarallisen jätteen laimentamisen, joten lain mukaan PCB-pitoinen maali tulee poistaa ennen betonirakenteen purkamista. PCB-pitoinen maali tulee poistaa haitta-ainepurkuna.

11.4.4. Öljyhiilivetyjä sisältävät materiaalit

Lämmönjakohuoneen lattiaan on imeytynyt öljyhiilivetyjä. Keskiraskaita tisleitä (C₁₀-C₂₁) 4500 mg/kg. Raskaita öljyjakeita (C₂₂-C₄₀) 3400 mg/kg. Hyötykäyttö maanrakentamisessa edellyttää alle 500 mg/kg pitoisuuksia kaikille öljyhiilivedyille (C₁₀-C₄₀).

Esimerkiksi Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen tavanomaisen jätteen kaatopaikalle otetaan vastaan vain 2500 mg/kg öljyhiilivetyjä sisältävää maa-ainesta. Suuremmat pitoisuudet voidaan tiettyyn rajaan asti käsitellä Ämmässuon pilaantuneen maa-aineksen kompostointilaitoksessa.

Öljyhiilivetyjä sisältävä betoni pitää joko hävittää sellaisenaan, jolloin se on vaarallista jätettä ja kuuluu jäteluokkaan 17 01 06* (betonin, tiilien, laattojen ja keramiikan seokset tai lajitellut jakeet, jotka sisältävät vaarallisia aineita). Betoni voidaan myös

mahdollisesti murskata raekokoon 150 mm, jolloin se voidaan määritellä pilaantuneeksi maa-ainekseksi, jolloin se kuuluu jäteluokkaan 17 05 03* (maa- ja kiviainekset, jotka sisältävät vaarallisia aineita).

11.5. Tulokset

Asbestijätettä kohteesta kertyi haitta-ainetutkimuksesta tehtyjen yksittäisten materiaalimäärien (taulukko 4) perusteella noin 6500 kg (taulukko 5). Vaarallisia aineita sisältävän betonin massa arvioitiin olevan lämmönjakohuoneen pinta-alan ja alapohjabetonin paksuuden mukaan n. 8250 kg.

Taulukko 4. Case-kohteesta löytyneet haitta-ainepitoiset materiaalit ja niiden käsittelymenetelmät

Nr.	Rakennuksen osa	Rakennusmateriaali	Haitta-aine	Pitoisuus/laatu	Purkutapa	Jäteluokka	Jätemäärä arvio (kg)	Käsittely
1	Alapohja	Vinyylilaatta ja musta liima	Asbesti	krysotiili ja antofylliitti	Osastointi	17 06 05	200	Loppusijoitus
2	Portaikko	Jalkalistan musta liima	Asbesti	antofylliitti	Osastointi	17 06 05	10	Loppusijoitus
3	Sisäseinät	Kuitusementtilevy	Asbesti	antofylliitti	Osastointi	17 06 05	2088	Loppusijoitus
4	Julkisivu	Kuitusementtilevy	Asbesti	antofylliitti	Poistetaan kokonaisina levyinä	17 06 05	2304	Loppusijoitus
5	Vesikatto	Kuitusementtilevy	Asbesti	krysotiili	Poistetaan kokonaisina levyinä	17 06 05	1254	Loppusijoitus
6	Putkisto	Putkieristeet	Asbesti	krysotiili, antofylliitti ja amosiitti	Osastointi	17 06 01	318	Loppusijoitus
7	IV-kanava	Suojalevy	Asbesti	antofylliitti	Osastointi	17 06 05	300	Loppusijoitus
8	Ulkoseinärakenne	Tervapaperi	PAH	1600 mg/kg	Poistetaan kokonaisena	17 03 03	10	Terminen käsittely
9	Kellari	Lattiamaaali	PCB	8 mg/kg	Kohdepoisto			Loppusijoitus
10	Lämmönjakohuone	Lattia	Öljyhiilivedyt	7900 mg/kg	Osastointi	17 01 06	8250	Murskaus ja kompostointi

Asbestijätteen hävittäminen maksaa vertailun kaatopaikoilla 700–1300 € (taulukko 5). Betonijäte on laskettu hävitettävän pilaantuneena maana, joten se pitää vielä murskata ennen hävittämistä. Murskausta ja kuljetusta ei ole laskettu hintoihin mukaan. Hinnat ovat suuntaa antavia, sillä vain Pirkanmaan jätehuollon hinnastossa oli hinta öljypitoiselle jätteelle. Muilla kaatopaikoille kyseiset jätteet otetaan vastaan erikseen sovituin hinnoin. PAH-yhdistepitoiselle jätteelle ei laskettu

jätteenkäsittelykustannuksia, sillä jätemäärä on hyvin alhainen ja siten kustannuksien suhteen hyvin mitätön.

Taulukko 5. Case-kohteessa syntyvän vaarallisen jätteen arvioidut määrät ja hinnat

Laatu	Määrä arvio (kg)	Jäteluokka	Hinnat (€)		
			HSY ¹	Tampere ²	Turku ³
Asbestia yhteensä	6474	17 06 01 ja 17 06 05	1 310	1 160	710
Vaarallisia aineita sisältävä betoni	8250	17 01 06	320	1 070	
Kivihiiliterva ja - tervatuotteet	10	17 03 03			

- 1) Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskus. Asbestijätteen hinta HSY:n hinnastosta, öljypitoisen jätteen hinnasto tulee PIMA kohteen tarjouksesta (vaatii murskauksen, suuntaa antava) [HSY 2015]
- 2) Pirkanmaan jätehuolto, Koukkujärven ja Tarastenjärven jätteenkäsittelykeskukset. Hinnat hinnastosta (betoni vaatii murskauksen) [Pirkanmaan jätehuolto 2015]
- 3) Lounais-Suomen jätehuolto, Topinojan jätteenkäsittelykeskus. Asbestin hinta hinnastosta [LSJH 2015]

12. Yhteenveto ja johtopäätökset

Työssä löydettiin useille haitallisille aineille käsittelymenetelmiä. Asbestijätettä ei tällä hetkellä voi hyödyttää mitenkään, vaan se loppusijoitetaan kaatopaikoille erillisiin hautoihin. Monia muita haitta-aineita voidaan käsitellä termisesti. Terminen käsittely kuitenkin kuluttaa paljon energiaa ja siten se on usein taloudellisesti hankalaa. Energiatehokasta hyödyntämistä voidaan käyttää ainakin murskatulle öljyhiilivetyypilaantuneelle betonille, mikä voidaan käsitellä kompostoimalla.

Haastattelututkimuksen avulla löydettiin paikallisia raja-arvoja tavanomaisen jätteen kaatopaikalle sijoittamiseen (taulukko 6). Joidenkin haitallisten aineiden, etenkin PAH-yhdisteiden ja öljyhiilivetyjen raja-arvojen löytäminen on vaikeaa ja ne vaihtelevat paikallisesti. Tämä ei aina edistä vastuullista toimintaa. Haitallisten aineiden kuljettaminen halvemman käsittelyhinnan takia voi synnyttää ylimääräisiä päästöjä.

Taulukko 6. Yleisimpien haitta-aineiden vastaanottopitoisuuksia eri paikkakuntien jätteenkäsittelykeskuksissa

Paikkakunta	Jätteenkäsittelykeskus	Käsittely	PAH	PCB	Öljyhiilivedyt (C10-C40)
			mg/kg		
Tampere	Tarastenjärvi	Tavanomainen jäte, loppusijoitus	100		5000
Tampere	Tarastenjärvi	PIMA-käsittely	30		10000
Espoo	HSY, Ämmässuo	Tavanomainen jäte, loppusijoitus	150	50	2500
Espoo	HSY, Ämmässuo	PIMA-käsittely		5	5000
Turku	Topinoja	Tavanomainen jäte, loppusijoitus			
Lappeenranta	Kukkuroinmäki	Tavanomainen jäte, loppusijoitus	40		1000
Lappeenranta	Kukkuroinmäki	PIMA-käsittely	1000		
Forssa	Kiimassuo	Tavanomainen jäte, loppusijoitus	40	1	500
Forssa	Kiimassuo	Vaarallinen jäte, loppusijoitus	2000	50	30000

Valtioneuvoston asetus 798/2015 määrää krokidoliitin purettavaksi alipaineistetulla osastointimenetelmällä aina 1.1.2016 alkaen. Krokidoliittia pidetään vaarallisimpana asbestilaatuna ja sitä on käytetty paljon ruiskutettuna eristeenä. Näissä tapauksissa sen purkaminen alipaineistetulla osastolla on täysin ymmärrettävää ja jopa toivottavaa. Krokidoliittia on kuitenkin myös käytetty esimerkiksi julkisivujen kuitusementtilevyissä. Asbestikuidut eivät vapaudu ehjistä kuitusementtilevyistä. Rikkinäisestäkin kuitusementtilevystä vapautuu vain hyvin vähäinen määrä asbestikuituja. Työssä päädyttiin esittämään, että edellä mainittuja krokidoliittipitoisia julkisivujen kuitusementtilevyjen purkutyötä ei ole tarpeen tehdä osastointimenetelmällä. Kuitusementtilevyt voidaan purkaa ehjinä, jolloin asbestialtistuksen riski on alhainen.

Asbestin ja muiden haitta-aineiden purkutyö on hyvin samanlaista ja niissä käytetään samanlaisia menetelmiä. Asbestilainsäädäntöön voisi yrittää yhdistää muidenkin rakennuksissa käytettyjen haitallisten aineiden käsittelyn. Tämä helpottaisi purkutyön suunnittelua ja jätteenkäsittelyä ja edesauttaisi turvallisen purkutyön varmistamista. Haitta-aineiden (pl. asbesti) purkutyötä säätelevät lainsäädännöllisesti vain HTP-arvot. HTP-arvoja ei ole määritelty suurelle osalle haitta-aineista.

Työssä tutkittiin PVC-muovimattojen polttamista tavallisissa jätteenpolttolaitoksissa. Haitta-ainetutkimuksissa kannattanee edelleen tutkia purettavien muovimattojen PVC-pitoisuus. Toisin kuin muut muovimatot, PVC-pitoiset muovimatot soveltuvat huonosti poltettavaksi tavallisissa jätteenpolttolaitoksissa klooripitoisuutensa takia. PVC olisi tutkimusten mukaan erinomainen kierrätysmateriaali, jos vain sen tunnistaminen olisi helpompaa ja jätemäärät olisivat suurempia.

Case-kohteessa ongelmia voivat tuottaa rakennusmateriaalit jotka sisältävät hieman haitallisia aineita, mutta niiden pitoisuudet eivät kuitenkaan ylitä vaarallisen jätteen raja-arvoja. Tutkimuksessa ei täysin selventynyt tuleeko purku tehdä tämänlaisissa tapauksissa haitta-ainepurkuna. Kyseisessä tapauksessa voidaan suositella haitta-ainepurkua, sillä HTP-arvo PCB-yhdisteille on vain 0,003 mg/m².

Työssä tutkitun case-kohteen jätteenkäsittelykustannuksissa on suuri prosentuaalinen ero, mutta jätemäärät ovat vielä sen verran pieniä, että ne eivät kannusta viemään

jätteitä halvemman hinnan perässä kovinkaan pitkälle. Öljypitoisen betonin käsittelyssä hintatiedot eivät ole täysin vertailukelpoiset, sillä yhdessä kohteessa käytettiin listahintaa ja toisessa tarjouskilpailua. Tarjouskilpailussa olevien jätteenkäsittelykeskusten hinnat olivat kaikki samaa luokkaa.

13. Lähteet

Alakangas, E., 2003. Polttokelpoisten muovien tunnistaminen. VTT Prosessit, Jyväskylä

Astq.fi. Verkkokauppa saatavilla: <http://www.astq.fi/> viitattu 2.11.2015

Backlund, P., Talvitie, O., Lappalainen, K., Tuomi, T. 2014. Uusien lattiamuovipäälysteiden emissiot. Työterveyslaitos. Sisäilmayhdistys raportti 32 s.149-154. Bookwell Oy, Juva 2014. ISBN 978-952-5236-42-2

Ekman, A. 2011. Toimiva asbestipurku, Työturvallisuuskeskus 2011

Ekokem, 2003. Ympäristövaikutusten arviointi, Porin Kellahden Jätteenkäsittelyalue 2003

Ekokem, 2014. Teollisuusjätteiden käsittelykeskukset. Verkkodokumentti. saatavilla <http://www.ekokem.fi/fi/tietopankki/kasittelyprosessit/teollisuusjatteiden-kasittelykeskukset> viitattu 26.1.2015

Euroopan neuvosto. 2008. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta, 2008/98. Verkkodokumentti. Saatavilla <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=FI> viitattu 7.8.2015

Forsbacka, A. 1996: Öljy-yhdisteiden biologinen hajoaminen ja saastuneen maan biosaneeraus. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2/1996

Fraktman, L. 2002 Bromatut Palonestoaineet ympäristössä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2/2002

Heinonen, T. 2000. Ongelmajäteopas 2. uudistettu painos.

Helakallio, A. 2010. PAH-yhdisteillä pilaantuneen maan kemiallinen hapetus. Opinnäytetyö. Lahden Ammattikorkeakoulu, 2010.

HSY. 2015. Helsingin seudun ympäristöpalvelut, hinnasto. Verkkodokumentti saatavilla https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/HSY_jatehuollon_hinnasto_2015_su.pdf viitattu 5.11.2015

Järvinen, J. 2009. Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH-yhdisteet) sekä niiden pitoisuusarvio ympäröivässä ilmassa vaasassa. Opinnäytetyö, Vaasan Ammattikorkeakoulu 2009.

Kestopuuteollisuus ry 2011. Paineekyllästetyn kestopuun käyttöturvallisuusohje.

Komulainen, J. 2015. Yksikönpäällikkö, Vahanen Oy, Laboratoriopalvelut. Haastattelu 20.10.2015

Komulainen, J., Huttunen, J., Säntti, J. 2011. Haitalliset aineet rakennuksissa ja niiden hallinta.

Kostamo, K. 2011. Kestopuun tuotekuva. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Laine, K. 2014. Rakenteiden ilmatiivyyden parantaminen sisäilmakorjauksessa. Opinnäytetyö. Itä-Suomen Yliopisto.

Laitinen, K. 2008. Kloorifenoleilla pilaantuneen maan kompostointi – Biotestien käyttö kompostoinnin onnistumisen seurannassa. Pro Gradu –tutkielma Jyväskylän yliopisto.

LSJH. 2015. Lounais-Suomen jätehuolto, hinnasto. Verkkosivu saatavilla <http://www.lsjh.fi/fi/hinnat/vastaanottomaksut-suurille-jate-erille/> viitattu 5.11.2015

Marttinen, S., Suominen, K., Lehto, M., ym. 2014. Haitallisten orgaanisten yhdisteiden ja lääkeaineiden esiintyminen biokaasulaitosten käsittelyjäännöksissä sekä niiden elintarvikeketjuun aiheuttaman vaaran arviointi. MTT Raportti 135. 2014

Mayes, B.A., McConnell, E.E., Neal, B.H., et al. 1997. Comparative carcinogenicity in sprague-Dawley rats of the polychlorinated biphenyl mixtures Aroclors 1016, 1242, 1254 and 1260. Toxicological Sciences 41, 62-76 1998.

Mod, K. 2014. Öljyhiilivetytilantuneet rakenteet. Vahanen Oy. Sisäilmayhdistys raportti 32 s.193-196. Bookwell Oy, Juva 2014. ISBN 978-952-5236-42-2

MTT raportti 161. 2010. Kierrätysmateriaalien hyödyntäminen viherrakentamisen kasvualustoissa ja rakenteissa. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

Männynsalo, M. 2009. Öljyhiilivedyillä pilaantuneen maa-aineksen kompostoinnin tehostaminen. Pro Gradu, Jyväskylän yliopisto

Oksa, P., Korhonen, K., Koistinen, P. 2014. Asbesti rakennustyössä. Työterveyslaitos 2014

Olenius, A. Terveydelle vaarallisten aineiden purkutyöt. Mittaviiva Oy

Penttinen, R. 2001. Maaperän ja pohjaveden kunnostus, Yleisimpien menetelmien esittely. Suomen ympäristökeskus. Oy Edita Ab 2001. ISBN 952-11-0943-2

Pirkanmaan jätehuolto. 2015. Hinnasto. Verkkodokumentti saatavilla

<http://www.pirkanmaan->

[jatehuolto.fi/inet/pjoy/flow.nsf/documents/A139232C3ED6902FC22577D1003FBFBB/\\$file/Kasittelymaksut_2015.pdf](http://www.pirkanmaan-jatehuolto.fi/inet/pjoy/flow.nsf/documents/A139232C3ED6902FC22577D1003FBFBB/$file/Kasittelymaksut_2015.pdf) viitattu 5.11.2015

Poropudas, M. 2011. Polyvinyylikloridin (PVC) Kierrätys ja uusiokäyttö. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto 2011.

Puuinfo 2010. Hyvä tietää kestopuusta – perustietoa puusta. Verkkodokumentti. Saatavilla

<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Hyv%C3%A4%20tiet%C3%A4%C3%A4%20kestopuusta%20WEB.pdf> viitattu 23.10.2015

Puuinfo 2015. Kosteusteknisiä ominaisuuksia. Verkkodokumentti. Saatavilla

<http://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/kosteusteknisi%C3%A4-ominaisuuksia> viitattu 23.10.2015

Rakennustieto 1993 Asbesti, Asbestikartoitus ja siitä aiheutuvat toimenpiteet. RT 08-10521. Rakennustietosäätiö.

Rakennustieto 2009a. Asbestia sisältävien rakenteiden purku. Ratu 82-0347. Rakennustietosäätiö

Rakennustieto 2009b. Pölyntorjunta rakennustyössä. Ratu 1225-S. Rakennustietosäätiö

Rakennustieto 2011a. Kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden purku.
osastointimenetelmä. Ratu 82-0381. Rakennustietosäätiö.

Rakennustieto 2011b. PCB:tä tai lyijyä sisältävien saumausmassojen purku. Ratu 82-0382. Rakennustietosäätiö.

Rakennustieto 2014. Haitta-ainetutkimus Tilaajan ohje. RT 20-11159.
Rakennustietosäätiö.

Rakennustieto 2014a. Haitta-ainetutkimus Rakennustuotteet ja rakenteet. RT 20-11160. Rakennustietosäätiö.

Ramirent. 2015. Verkkosivu saatavilla www.ramirent.fi/ viitattu 2.11.2015

Riala, R., Pirhonen, P., Heikkilä, P. 1993. Asbesti purku- ja huoltotoissa. Työterveyslaitos. Helsinki. 2. osittain uudistettu painos. Painotalo Miktor. ISBN 951-801-997-5.

Rinne, T., Hykkylä, H., Tillander, K., Jäntti, J., ym. 2008. Jätekeskusten paloturvallisuus – Riskit ympäristölle tulipalotilanteessa. VTT tiedotteita 2457. Espoo 2008. ISBN 978-951-38-7250-2

Rossi, M. 2013. Mineraalisen rakennusjätteen hyötykäyttö maarakentamisessa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Seppälä, T., Munne P. 2013. Polyklooratut bifenyylit eli PCB-yhdisteet. Ympäristö.fi verkkodokumentti, saatavilla:

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B52DF81C8-DB6F-4A71-8E51-0BD7CB86C708%7D/94325>

Sosiaali ja terveysministeriö. 2014. HTP-arvot 2014, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2014:2. ISBN 978-952-00-3479-5

Suomen Ympäristökeskus. HBCD eli heksabromisyklododekaani katsottu 3.3.2015
<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B495C1EDA-DF53-4BB6-A18C-696021203BFC%7D/94316>

Säntti, J. 2015. Haitta-ainetutkimusselosteita vuosilta 2008-2014. Vahanen Oy. Julkaisemattomia.

Takainen, H. 2013. Jätevoimalan tuhkien loppusijoitusvaihtoehdot. Insinööritoimisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu, 2013.

Teknillinen Geologia, luentomateriaali. Ympäristögeologia ja –geotekniikka, Aalto-yliopisto.

Terveystieteiden tutkimuskeskus. 2014. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet. Verkkodokumentti <http://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/dioksiinit-ja-pcb-yhdisteet> viitattu 15.6.2015

Terveystieteiden tutkimuskeskus. 2014. Ftalaatit. Verkkodokumentti <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/ftalaatit> viitattu 10.8.2015

Tukes. 2015. Käyttöturvallisuustiedote. Turvallisuus ja kemikaalivirasto. Verkkodokumentti saatavilla: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kayttoturvallisuustiedote/> viitattu 10.10.2015

Työterveyslaitos. 2010. PAH-yhdisteet ja niiden esiintyminen. Verkkodokumentti http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/ainekohtaista_kemikaalitietoa/PAH-yhdisteet_ja_niiden_esiintyminen/Sivut/default.aspx viitattu 8.6.2015

Työterveyslaitos. 2015. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet –turvallisuusohjeet (OVA-ohjeet). Verkkodokumentti, saatavilla <http://www.ttl.fi/ova/index.html> viitattu 22.10.2015

Työterveyslaitos. PCB ilmassa, rakennusmateriaaleissa ja pinnoilla. Verkkodokumentti <http://www.ttl.fi/fi/palvelut/turvallisempi-tyoymparisto/kemialliset-analyysit/Documents/PCB,%20polyklooratut%20bifenyyli.pdf> viitattu 15.6.2015

Tähkälä, T. 2015. Haastattelu. Toimitusjohtaja Demolite Oy. Haastattelu. 18.2.2015

Wahlström, M., Laine-Ylijoki, J., Vestola, E., ym. 2006. Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2006

Valtioneuvosto. 2006. Valtioneuvoston asetus asbestityöstä annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta, 318/2006. Helsinki. Verkkodokumentti saatavilla:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060318> viitattu 20.4.2015

Valtioneuvosto. 2011. Jätelaki 17.6.2011/646. Helsinki. Verkkodokumentti saatavilla:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646> viitattu 12.11.2015

Valtioneuvosto. 2012. Valtioneuvoston asetus jätteistä, 179/2012. Helsinki.

Verkkodokumentti saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120179>

viitattu 3.4.2015

Valtioneuvosto. 2013. Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta, 151/2013.

Helsinki. Verkkodokumentti saatavilla:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130151> viitattu 15.4.2015

Valtioneuvosto. 2015a. Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta, 798/2015

Helsinki. Verkkodokumentti saatavilla:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150798> viitattu 25.3.2015

Valtioneuvosto. 2015b. Valtioneuvoston asetus jätteistä annetun valtioneuvoston

asetuksen muuttamisesta, 86/2015. Helsinki. Verkkodokumentti saatavilla:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150086> viitattu 10.5.2015

Wikipedia. 2015. Verkkosivu saatavilla <https://www.wikipedia.org/> viitattu 25.10.2015

WHO. 2015. Kansainväliset kemikaalikortit. Verkkodokumentteja, saatavilla

<http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/> viitattu 20.10.2015

Ympäristö.fi. Jätteen hyödyntämis- ja käsittelymenetelmiä koskevat R&D-koodit sekä niiden käyttöön liittyviä esimerkkejä

Ympäristöministeriö. 2013. Jätteeksi luokittelun päättyminen. Verkkodokumentti

<http://www.ym.fi/fi->

[fi/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Jatelainsaadanto/Jatteeksi_luokittelun_paattyminen](http://www.ym.fi/fi-Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Jatelainsaadanto/Jatteeksi_luokittelun_paattyminen) Luettu 17.2.2015

Ympäristöministeriön julkaisuja. 2004. PCB Rakennuksissa

14. Liitteet

Liite 1. Rakennusaineiden ja -tarvikkeiden markkinoillaoloaikoja. 1 s.

Liite 2. Kaatopaikkakelpoisuudet, haitallisten aineiden pitoisuudet, taulukko. 2 s.

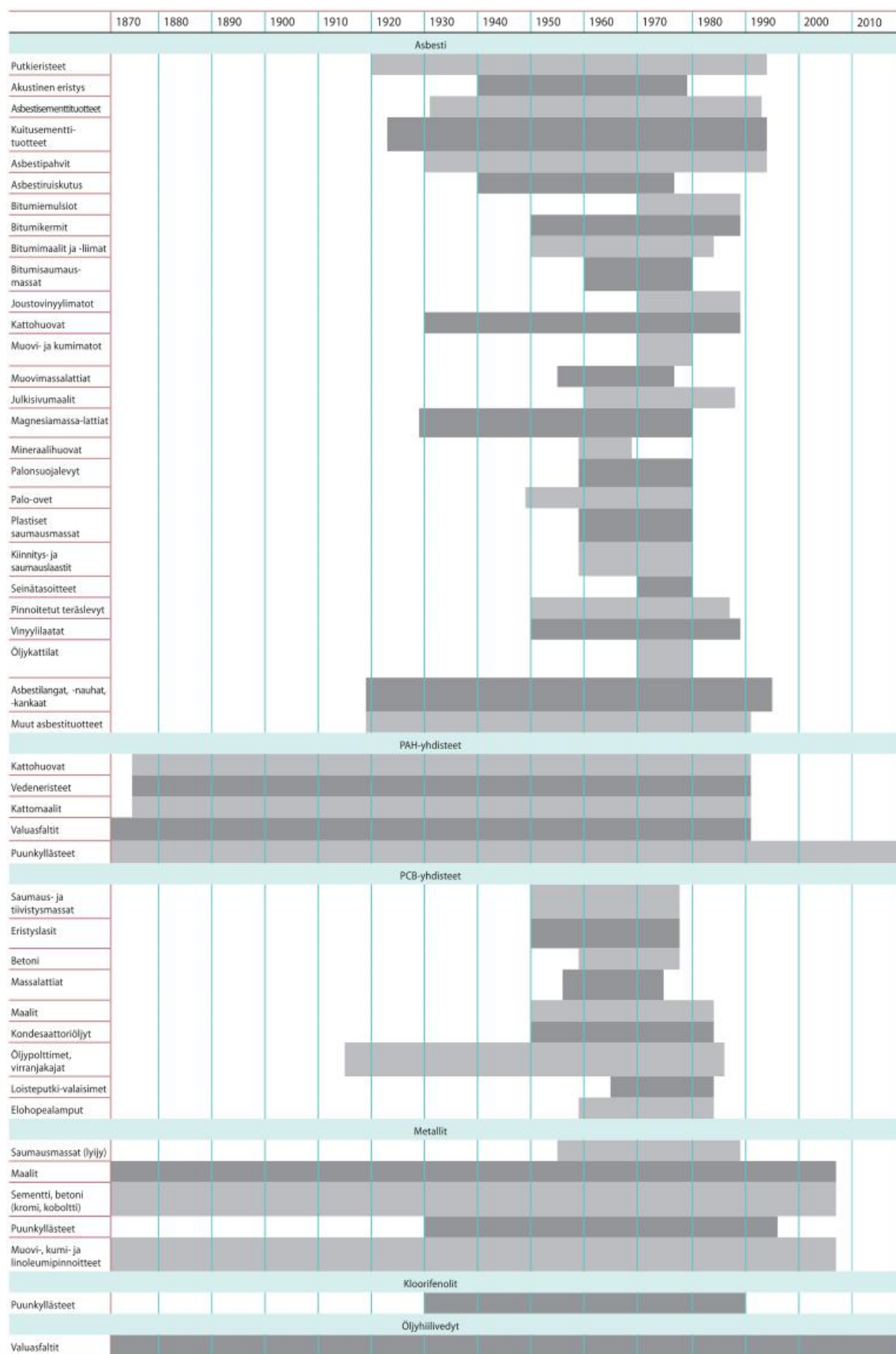
Liite 3. Betonimurskeen käyttö maanrakentamisessa, haitallisten aineiden pitoisuudet, 2 s.

Liite 4. Rakentamisessa ja purkamisessa syntyvien jätteen jäteluokat. 2 s.

Liite 5. Jätteen siirtoasiakirja, vaarallinen jäte. 2 s.

Liite 6. Jätteen siirtoasiakirja, rakennus- ja purkujäte. 2 s.

Liite 1 rakennusaineiden ja -tarvikkeiden markkinoillaoloaikoja [Rakennustieto 2014a]



Liite 2 kaatopaikkakelpoisuudet [Valtioneuvosto 2006]

Jäteluokka	Pysyvän jätteen kaatopaikka ¹⁾	Tavanomaisen epäorgaanisen jätteen kaatopaikka ²⁾	Vaarallisen jätteen kaatopaikka
Liukoisuusominaisuudet L/S-suhteessa 10			
Arseeni	0,5	2	25
Barium	20	100	300
Kadmium	0,04	1	5
Kromi	0,5	10	70
Kupari	2	50	100
Elohopea	0,01	0,2	2
Molybdeeni	0,5	10	30
Nikkeli	0,4	10	40
Lyijy	0,5	10	50
Antimoni	0,06	0,7	5
Seleeni	0,1	0,5	7
Sinkki	4	50	200
Kloridi, Cl ⁻	800	15000	25000
Fluoridi, F ⁻	10	150	500
Sulfaatti, SO ₄ ²⁻	1000	20000	50000
Fenoli-indeksi	1		
Liuennot orgaaninen hiili, DOC	500	800	1000
Liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus, TDS ³⁾	4000	60000	100000
Kokonaispitoisuudet			
Hehkutushäviö 550 °C			10
TOC	3 ⁴⁾	5 ⁵⁾	6 ⁵⁾
BTEX-yhdisteet	6		
PCB(7)-yhdisteet	1		
Mineraaliöljy (C ₁₀ -C ₄₀)	500		
PAH(16)-yhdisteet	40		
Muut ominaisuudet			
pH		>6	
Haponneutralointi- kapasiteetti (ANC)		tutkittava ja arvioitava	tutkittava ja arvioitava

1) Suomessa ei ole tällä hetkellä yhtään pysyvän jätteen kaatopaikkaa.

2) voidaan sijoittaa käsiteltyä vaarallista jätettä

3) liuenneiden aineiden kokonaismäärää voidaan käyttää sulfaatti- ja kloridiarvojen sijasta

4) maaperälle voidaan sallia korkeampi raja-arvo, mikäli DOC:lle esitetty raja-arvo ylittyy

5) jätteelle voidaan sallia korkeampi raja-arvo, mikäli DOC:lle esitetty raja-arvo ylittyy

Liite 3 betonimurskeen käyttö maanrakentamisessa [Valtioneuvosto 2006]

Haitallinen aine	Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta	Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta				
	Perustutkimukset	Laadunvalvontatutkimus				
	Pitoisuus	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Peitetty rakenne	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Päällystetty rakenne	Pitoisuus	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Peitetty rakenne	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Päällystetty rakenne
PCB ¹	1			1		
PAH ²	20					
Mineraaliöljyt ³	500					
DOC ⁴		500	500			
Antimoni (Sb)		0,06	0,06			
Arseeni (As)	50	0,5	0,5	50		
Barium (Ba)		20	20			
Kadmium (Cd)	10	0,02	0,02	10	0,02	0,02
Kromi (Cr)	400	0,5	0,5	400	0,5	0,5
Kupari (Cu)	400	2	2	400	2	2
Elohopea (Hg)		0,01	0,01			
Lyijy (Pb)	300	0,5	0,5	300	0,5	0,5
Molybdeeni (Mo)		0,5	0,5			
Nikkeli (Ni)		0,4	0,4			
Vanadiini (V)		2	2			
Sinkki (Zn)	700	4	4	700		
Seleeni (Se)		0,1	0,1			
Fluoridi (F ⁻)		10	50			
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)		1 000	6 000		1 000	6 000
Kloridi (Cl ⁻)		800	800			

1 Polyklooratut bifenyylit, taulukossa 2 olevien yhdisteiden kokonaismäärä.

2 Polyaromaattiset hiilivedyt, taulukossa 1 olevien yhdisteiden kokonaismäärä.

3 Hiilivetyjakeet C₁₀—C₄₀.

4 Liuennut orgaaninen hiili.

Liite 4 rakentamisessa ja purkamisessa syntyvien jätteiden jäteluokat [Valtioneuvosto 2015b]

17 01	betoni, tiilet, laatat ja keramiikka
17 01 01	betoni
17 01 02	tiilet
17 01 03	laatat ja keramiikka
17 01 06*	betonin, tiiltien, laattojen ja keramiikan seokset tai lajitellut jakeet, jotka sisältävät vaarallisia aineita
17 01 07	muut kuin nimikkeessä 17 01 06 mainitut betonin, tiiltien, laattojen ja keramiikan seokset
17 02	puu, lasi ja muovit
17 02 01	puu
17 02 02	lasi
17 02 03	muovi
17 02 04*	lasi, muovi ja puu, jotka sisältävät vaarallisia aineita tai ovat niiden saastuttamia
17 03	bitumiseokset, kivihiiliterva ja -tervatuotteet
17 03 01*	kivihiilitervaa sisältävät bitumiseokset
17 03 02	muut kuin nimikkeessä 17 03 01 mainitut bitumiseokset
17 03 03*	kivihiiliterva ja -tervatuotteet
17 04	metallit, niiden seokset (lejeeringit) mukaan luettuina
17 04 01	kupari, pronssi, messinki
17 04 02	alumiini
17 04 03	lyijy
17 04 04	sinkki
17 04 05	rauta ja teräs
17 04 06	tina
17 04 07	sekalaiset metallit
17 04 09*	metallijätteet, jotka ovat vaarallisten aineiden saastuttamia
17 04 10*	öljyä, kivihiilitervaa tai muita vaarallisia aineita sisältävät kaapelit
17 04 11	muut kuin nimikkeessä 17 04 10 mainitut kaapelit
17 05	maa-ainekset (pilaantuneilta alueilta kaivetut maa-ainekset mukaan luettuina), kiviainekset ja ruoppausmassat
17 05 03*	maa- ja kiviainekset, jotka sisältävät vaarallisia aineita
17 05 04	muut kuin nimikkeessä 17 05 03 mainitut maa- ja kiviainekset
17 05 05*	ruoppausmassat, jotka sisältävät vaarallisia aineita
17 05 06	muut kuin nimikkeessä 17 05 05 mainitut ruoppausmassat
17 05 07*	ratapenkereiden sorapäällysteet, jotka sisältävät vaarallisia aineita

- 17 05 08 muut kuin nimikkeessä 17 05 07 mainitut ratapenkereiden sorapäälysteet
- 17 06 eristysaineet ja asbestia sisältävät rakennusaineet
- 17 06 01* asbestia sisältävät eristysaineet
- 17 06 03* muut eristysaineet, jotka koostuvat vaarallisista aineista tai sisältävät niitä
- 17 06 04 muut kuin nimikkeissä 17 06 01 ja 17 06 03 mainitut eristysaineet
- 17 06 05* asbestia sisältävät rakennusaineet
- 17 08 kipsipohjaiset rakennusaineet
- 17 08 01* kipsipohjaiset rakennusaineet, jotka ovat vaarallisten aineiden saastuttamia
- 17 08 02 muut kuin nimikkeessä 17 08 01 mainitut kipsipohjaiset rakennusaineet
- 17 09 muut rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet
- 17 09 01* rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet, jotka sisältävät elohopeaa
- 17 09 02* rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet, jotka sisältävät PCB:tä (kuten PCB:tä sisältävät tiivistysmassat, PCB:tä sisältävät hartsipohjaiset lattiapäälysteet, PCB:tä sisältävät umpiolasit ja PCB:tä sisältävät muuntajat)
- 17 09 03* muut rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet (sekalaiset jätteet mukaan luettuna), jotka sisältävät vaarallisia aineita
- 17 09 04 muut kuin nimikkeissä 17 09 01, 17 09 02 ja 17 09 03 mainitut rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät sekalaiset jätteet

Jätteen siirtoasiakirja

Vaarallinen jäte

Jätteen tuottaja tai haltija täyttää

Tuottaja Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Kunta Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	
Puhelin Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Osoite Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	
Sähköposti Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Postinumero Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	
Jätteen synty-/noutopaikka Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.		
Jäteluokat paperin toisella puolella Tarkemmat tiedot jätteestä Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.		
Jätteen määrä Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä. kg / m ³		
Allekirjoitus	Nimen selvennys	Päivämäärä

Jätteen kuljettaja täyttää

Kuljetusliike Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Auton rekisterinro Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.
Kuljettajan allekirjoitus	Nimen selvennys

Jätteen vastaanottaja täyttää

Vastaanottaja Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Kunta Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	
Puhelin Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Osoite Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	
Sähköposti Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Postinumero Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	
Jätteen määrä Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä. kg / m ³		
Allekirjoitus	Nimen selvennys	Päivämäärä

Tämän asiakirjan osittainen kopiointi on kielletty ilman Vahanen Oy:n kirjallista lupaa.
Partial reproduction of this document is forbidden without the written consent of Vahanen Oy.



Rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät vaaralliset jäteluokat

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> 17 01 06* betonin, tiilien, laattojen ja keramiikan seokset tai lajitellut jakeet | <input type="checkbox"/> 17 02 04* lasi, muovi ja puu | <input type="checkbox"/> 17 06 01* asbestia sisältävät eristysaineet |
| <input type="checkbox"/> 17 05 03* maa- ja kiviainekset | <input type="checkbox"/> 17 03 01* kivihiilitervaa sisältävät bitumiseokset | <input type="checkbox"/> 17 06 03* muut eristysaineet |
| <input type="checkbox"/> 17 05 05* ruoppausmassat | <input type="checkbox"/> 17 03 03* kivihiiliterva ja -tervatuotteet | <input type="checkbox"/> 17 06 05* asbestia sisältävät rakennusaineet |
| <input type="checkbox"/> 17 05 07* ratapenkereiden sorapäälysteet | <input type="checkbox"/> 17 04 09* metallijätteet | <input type="checkbox"/> 17 08 01* kipsipohjaiset rakennusaineet |
| <input type="checkbox"/> 17 09 01* rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet, jotka sisältävät elohopeaa | <input type="checkbox"/> 17 04 10* kaapelit | <input type="checkbox"/> 17 09 03* muut rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet |
| <input type="checkbox"/> 08 01 17* Maalin- tai lakanpoistossa syntyvät jätteet | <input type="checkbox"/> 17 09 02* rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet, jotka sisältävät PCB:tä | <input type="checkbox"/> 16 02 15* sähkö- ja elektroniikkalaitteista ja muista laitteista poistetut vaaralliset osat |

Muu jäte, mikä

☐ Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.

Jätteen vaaraluokka

Tämän asiakirjan osittainen kopiointi on kielletty ilman Vahanen Oy:n kirjallista lupaa.
Partial reproduction of this document is forbidden without the written consent of Vahanen Oy.



Jätteen siirtoasiakirja

Rakennus- ja purkujäte

Jätteen tuottaja tai haltija täyttää

Tuottaja Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Kunta Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	
Puhelin Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Osoite Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	
Sähköposti Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Postinumero Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	
Jätteen synty-/noutopaikka Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.		
Jäteluokat paperin toisella puolella Tarkemmat tiedot jätteestä Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.		
Jätteen määrä Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä. kg / m ³		
Allekirjoitus	Nimen selvennys	Päivämäärä

Jätteen kuljettaja täyttää

Kuljetusliike Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Auton rekisterinro Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.
Kuljettajan allekirjoitus	Nimen selvennys

Jätteen vastaanottaja täyttää

Vastaanottaja Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Kunta Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.
Puhelin Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Osoite Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.
Sähköposti Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	Postinumero Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.

Jätteen määrä Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä. kg / m³

Allekirjoitus	Nimen selvennys	Päivämäärä
---------------	-----------------	------------

Tämän asiakirjan osittainen kopiointi on kielletty ilman Vahanen Oy:n kirjallista lupaa.
Partial reproduction of this document is forbidden without the written consent of Vahanen Oy.



<input type="checkbox"/> 17 01 01 betoni	<input type="checkbox"/> 17 02 01 puu	<input type="checkbox"/> 17 04 01 kupari, pronssi, mes-
<input type="checkbox"/> 17 01 02 tiilet	<input type="checkbox"/> 17 02 02 lasi	<input type="checkbox"/> 17 04 02 sinkki
<input type="checkbox"/> 17 01 03 laatat ja keramiikka	<input type="checkbox"/> 17 02 03 muovi	<input type="checkbox"/> 17 04 03 alumiini
<input type="checkbox"/> 17 01 07 betonin, tiiltien, laatto-	<input type="checkbox"/> 17 03 02 bitumiseokset	<input type="checkbox"/> 17 04 04 lyijy
jen ja keramiikan seokset	<input type="checkbox"/> 17 04 11 kaapelit	<input type="checkbox"/> 17 04 05 sinkki
<input type="checkbox"/> 17 05 04 maa- ja kiviainekset	<input type="checkbox"/> 17 06 04 eristysaineet	<input type="checkbox"/> 17 04 06 rauta ja teräs
<input type="checkbox"/> 17 05 06 ruoppausmassat	<input type="checkbox"/> 17 08 02 kipsipohjaiset aineet	<input type="checkbox"/> 17 04 07 tina
<input type="checkbox"/> 17 05 08 ratapenkereiden	<input type="checkbox"/> 17 09 04 sekalaiset jätteet	<input type="checkbox"/> 17 04 07 sekalaiset metallit
sorapäälysteet		

Tämän asiakirjan osittainen kopiointi on kielletty ilman Vahanen Oy:n kirjallista lupaa.
Partial reproduction of this document is forbidden without the written consent of Vahanen Oy.

